

## 円皮鍼を用いた鍼刺激が筋疲労による瞬発的筋力発揮能力低下に及ぼす影響

著者	大隈 祥弘
発行年	2016
学位授与大学	筑波大学 (University of Tsukuba)
学位授与年度	2015
報告番号	12102甲第7883号
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2241/00144017">http://hdl.handle.net/2241/00144017</a>

博士論文

円皮鍼を用いた鍼刺激が  
筋疲労による瞬発的筋力発揮能力低下に及ぼす影響

平成 27 年度

筑波大学人間総合科学研究科スポーツ医学専攻  
大隈 祥弘

筑波大学

## 目次

第 1 章	序論	1
第 1 節	研究背景	1
第 2 節	鍼治療の利用状況	3
第 3 節	鍼の刺激方法	5
第 4 節	鍼刺激の効果の機序	8
第 5 節	鍼の副作用	10
第 6 節	瞬発的筋力発揮能力の測定	11
第 7 節	瞬発的筋力発揮能力に対する鍼刺激の影響	12
第 1 項	毫鍼を用いた刺激による影響	12
第 2 項	円皮鍼を用いた刺激による影響	17
第 8 節	本研究の目的	22
第 9 節	本研究の構成(研究課題)	23
第 2 章	主動筋および遠隔部への刺激を組み合わせた円皮鍼刺激が筋疲労による膝伸展等尺性最大筋出力の低下に及ぼす影響	24
第 1 節	目的	24
第 2 節	研究方法	25
2-2-1	対象者	25
2-2-2	研究デザイン	25
2-2-3	測定プロトコル	25
2-2-4	測定・評価項目と運動負荷	26
2-2-4-1	筋出力測定	26
2-2-4-2	運動負荷	27
2-2-5	鍼刺激および開眼仰臥位安静	28
2-2-6	比較方法と統計処理	30

第 3 節	結果	31
2-3-1	運動負荷前後の最大筋出力	31
2-3-1-1	実測値を用いた検討	31
2-3-1-2	変化率を用いた検討	32
2-3-2	運動負荷中の最大筋出力	32
2-3-2-1	実測値を用いた検討	32
2-3-2-2	変化率を用いた検討	33
第 4 節	考察	34
第 5 節	本章のまとめ	36
第 3 章	円皮鍼を用いた主動筋への刺激が筋疲労による瞬発的筋力発揮能力低下に及ぼす影響	37
第 1 節	目的	37
第 2 節	研究方法	38
3-2-1	対象者および研究デザイン	38
3-2-2	測定プロトコル	39
3-2-3	瞬発的筋発揮能力の測定	41
3-2-3-1	最大筋出力	41
3-2-3-2	RFD (Rate of Force Development)	41
3-2-3-3	積分筋電値および周波数解析を用いた筋電図解析	42
3-2-3-4	仕事量(force-time integral: FTI)	42
3-2-4	運動負荷の方法	43
3-2-5	鍼刺激および開眼座位安静による介入	43
3-2-6	比較方法と統計処理	44
第 3 節	結果	45
3-3-1	baseline(介入前)の群間差	45
3-3-2	最大筋出力	45

3-3-2-1 筋出力発生(7.5N・m)時点から 500m 秒間の最大筋出力 .....	45
3-3-2-2 IMVC5 秒間の最大筋出力 .....	46
3-3-3 RFD (Rate of Force Development).....	48
3-3-4 積分筋電図 .....	49
3-3-4-1 筋出力発生(7.5N・m)時点から 500m 秒間の積分筋電図 .....	49
3-3-4-2IMVC5 秒間の積分筋電図 .....	50
3-3-5 MPF(Mean Power Frequency: 平均周波数) .....	51
3-3-5-1 筋出力発生(7.5N・m)時点から 500m 秒間の MPF.....	51
3-3-5-2IMVC5 秒間の MPF .....	52
3-3-6 仕事量(force-time integral: FTI) .....	53
第 4 節 考察 .....	56
第 5 節 本章のまとめ .....	60
第 4 章 円皮鍼を用いた主動筋への刺激が筋疲労による瞬発的筋力発揮 能力低下に及ぼす影響－二重盲検比較試験を用いた検討－ ...	61
第 1 節 目的 .....	61
第 2 節 研究方法 .....	62
4-2-1 対象者および研究デザイン .....	62
4-2-2 測定プロトコル .....	63
4-2-3 瞬発的筋発揮能力の測定 .....	63
4-2-3-1 最大筋出力 .....	64
4-2-3-2 RFD(Rate of Force Development).....	64
4-2-3-3 積分筋電値および周波数解析を用いた筋電図解析 .....	65
4-2-3-4 仕事量(force-time integral: FTI).....	65
4-2-4 運動負荷の方法 .....	65
4-2-5 鍼刺激および開眼座位安静による介入 .....	65
4-2-6 貼付された円皮鍼に関する質問 .....	66
4-2-7 比較方法と統計処理 .....	66

第 3 節	結果	68
4-3-1	貼付された円皮鍼に関する質問	68
4-3-2	baseline(介入前)の群間差	69
4-3-3	最大筋出力	69
4-3-3-1	筋出力発生(7.5N・m)時点から 500m 秒間の最大筋出力	69
4-3-3-2	IMVC5 秒間の最大筋出力	70
4-3-4	RFD (Rate of Force Development)	72
4-3-5	積分筋電図	73
4-3-5-1	筋出力発生(7.5N・m)時点から 500m 秒間の積分筋電図	73
4-3-5-2	IMVC5 秒間の積分筋電図	74
4-3-6	MPF(Mean Power Frequency: 平均周波数)	75
4-3-6-1	筋出力発生(7.5N・m)時点から 500m 秒間の MPF	75
4-3-6-2	IMVC5 秒間の MPF	76
4-3-7	仕事量(force-time integral: FTI)	77
4-3-8	課題 2, 3 を合わせた 3 群比較	80
4-3-8-1	筋出力発生(7.5N・m)時点から 500m 秒間の最大筋出力	80
4-3-8-2	IMVC5 秒間の最大筋出力	80
4-3-8-3	RFD (Rate of Force Development)	81
4-3-8-3	筋出力発生(7.5N・m)時点から 500m 秒間の積分筋電図	81
4-3-8-4	IMVC5 秒間の積分筋電図	81
4-3-8-5	筋出力発生(7.5N・m)時点から 500m 秒間の MPF	82
4-3-8-6	IMVC5 秒間の MPF	82
4-3-8-7	仕事量(force-time integral: FTI)	83
第 4 節	考察	84
第 5 節	本章のまとめ	87
第 5 章	総括	88
第 1 節	本研究のまとめ	88
第 2 節	今後の課題	91

謝 辭      93

參 考 文 獻    (出 典 順) ..... 94

## 用語の定義と略語

本研究で用いる主な用語，略語は以下のとおりである．

毫鍼	最も一般的な鍼の種類で，長さ 40mm~50mm 太さが 0.2mm の毫鍼が多く使われている．
----	--

円皮鍼	鍼が固定されている絆創膏を皮膚に張り付けて使用する鍼で，長さ 0.3mm，0.6mm，0.9mm，1.2mm の鍼がある．
-----	---

二重盲検比較試験	鍼の効果を検討する際，外見が全く同じように作成した本物の鍼と偽物の鍼を準備し，患者と施術者の両者がどちらの鍼を使っているかわからないように盲検化した条件で比較検討する研究の手法．
----------	---

コリン作動性の交感神経性血管拡張神経	交感神経活動の興奮により神経終末からアセチルコリンを放出する．これによって骨格筋の細動脈が拡張し，血流量の増加がおこる．
--------------------	--

体性 - 自律神経反射	求心路が体性感覚神経、遠心路が自律神経系で構成される反射機構で，例としては皮膚への感覚刺激によって交感神経活動が亢進し，心拍数の増加や血圧の上昇が起こるなどがあげられる．またコリン作動性の交感神経性血管拡張神経が遠心路となる場合，筋血流増加が生じる．
-------------	---

軸索反射	侵害受容器からの興奮は脊髓終末部に順行性に伝わるだけではなく，軸索分岐部から他の分枝に逆行性に伝わることで，末梢終末から P 物質や CGRP などの血管拡張物質が放出され，血流の増加などが生じる．
------	---

CGRP	カルシトニン遺伝子関連ペプチド．末梢の一次知覚神経の終末および遠位端に存在し，血管拡張，心拍数減少および心筋収縮力増大を引き起こす．
------	--

遅発性筋痛	筋に負荷をあたえるような運動をしたのち，数時間から数日の間に起こる筋肉の痛み．
-------	---



---

RFD	力の立ち上がり率(Rate of Force Development) や増加率を表し, $\Delta$ 筋出力/ $\Delta$ 時間で算出される.
IMVC	等尺性最大随位筋収縮(Isometric Maximum Voluntary Contraction).
M-Test(経絡テスト)	ストレッチングのように身体を伸ばす動作を行った際に生じる痛みやツッパリ感といった症状を基に異常を見つけ, その所見から治療方針を決定する診断・治療の方法.
EMD	Electromechanical Delay は, 動作を開始する際, 活動電位が発生してから実際に筋が収縮し始めるまでの時間のずれを表し, 素早い動作を行う際の筋の機能を評価する指標として理解されている.
プラセボ効果	治療を受けたことによる満足感や思い込みといった心理的な効果.

---

表のタイトル一覧

表 1：毫鍼を用いた刺激が瞬発的筋発揮能力に及ぼす影響

表 2：円皮鍼を用いた刺激が瞬発的筋発揮能力に及ぼす影響

表 3：研究課題 1 の対象者特性

表 4：研究課題 2 の対象者特性

表 5：研究課題 2 の対象者の競技歴

表 6：研究課題 2 における各測定項目の結果一覧

表 7：研究課題 3 の対象者特性

表 8：研究課題 3 の対象者の競技歴

表 9：真鍼もしくはプラセボ鍼を貼付された際の感覚に対する質問の回答(研究課題 3)

表 10：研究課題 3 における各測定項目の結果一覧

## 図のタイトル一覧

図 1：円皮鍼の構造と使用方法

図 2：の刺激方法(雀啄術，旋撚術)

図 3：鍼通電法の模式図

図 4：遠隔部への刺激の作用機序模式図

図 5：局所刺激での作用機序模式図

図 6：研究課題 1 の測定プロトコル

図 7：研究課題 1 の運動負荷プロトコル

図 8：M-Test 所見用紙

図 9：下肢前面と後面に存在するとされる経絡

図 10：運動負荷前後の最大筋出力の変化 -実測値を用いた検討-(研究課題 1)

図 11：運動負荷前後の最大筋出力の変化 -変化率を用いた検討-(研究課題 1)

図 12：運動負荷時の最大筋出力の変化(研究課題 1)

図 13：研究課題 2 の測定プロトコルおよび瞬発的筋発揮能力測定と運動負荷のプロトコル

図 14：RFD(Rate of Force Development)の算出法に関する模式図

図 15：円皮鍼貼付位置

図 16：筋出力発生( $7.5\text{N}\cdot\text{m}$ )時点から 500m 秒間の最大筋出力の変動(研究課題 2)

図 17：IMVC5 秒間の最大筋出力の変動(研究課題 2)

図 18：運動負荷中を含む IMVC5 秒間の最大筋出力の変動(研究課題 2)

図 19：RFD(Rate of Force Development)の変動(研究課題 2)

図 20：筋出力発生( $7.5\text{N}\cdot\text{m}$ )時点から 500m 秒間の積分筋電図の変動(研究課題 2)

図 21：IMVC5 秒間の積分筋電図の変動(研究課題 2)

図 22：筋出力発生( $7.5\text{N}\cdot\text{m}$ )時点から 500m 秒間の MPF の変動(研究課題 2)

図 23：IMVC5 秒間の MPF の変動(研究課題 2)

図 24：仕事量(force-time integral: FTI)の変動(研究課題 2)

図 25：運動負荷中を含む仕事量(force-time integral: FTI)の変動(研究課題 2)

図 26：等尺性運動における筋疲労の起こる機序

図 27：筋出力発生(7.5N・m)時点から 500m 秒間の最大筋出力の変動(研究課題 3)

図 28：IMVC5 秒間の最大筋出力の変動(研究課題 3)

図 29：運動負荷中を含む IMVC5 秒間の最大筋出力の変動(研究課題 3)

図 30：RFD(Rate of Force Development)の変動(研究課題 3)

図 31：筋出力発生(7.5N・m)時点から 500m 秒間の積分筋電図の変動(研究課題 3)

図 32：IMVC5 秒間の積分筋電図の変動(研究課題 3)

図 33：筋出力発生(7.5N・m)時点から 500m 秒間の MPF の変動(研究課題 3)

図 34：IMVC5 秒間の MPF の変動(研究課題 3)

図 35：仕事量(force-time integral: FTI)の変動(研究課題 3)

図 36：運動負荷中を含む仕事量(force-time integral: FTI)の変動(研究課題 3)

図 37：運動負荷後の最大筋出力(変化率)を用いた 3 群比較

図 38：運動負荷後の RFD(変化率)を用いた 3 群比較

図 39：運動負荷後の積分筋電値(変化率)を用いた 3 群比較

図 40：運動負荷後の MPF(変化率)を用いた 3 群比較

図 41：運動負荷後の仕事量(変化率)を用いた 3 群比較

本論文は，以下の投稿論文をまとめたものである．

- 1) 大隈祥弘，小野修司，向野義人：M-Test を用いた円皮鍼治療が筋出力および反応時間に及ぼす影響．日本臨床スポーツ医学会誌 20(1): 87-95, 2012.
- 2) 大隈祥弘，宮崎彰吾，吉田成仁，向野義人，久島達也，高橋秀則：大学生スポーツ選手の相補・代替医療利用状況．日本臨床スポーツ医学会誌 20(2); 351-359, 2012.
- 3) 大隈祥弘，花岡裕吉，吉田成仁，宮崎彰吾，久島達也，宮川俊平：円皮鍼を用いた鍼刺激が筋疲労による瞬発的筋力発揮能力低下に及ぼす影響-二重盲検比較試験を用いた検討-．日本臨床スポーツ医学会誌 23(3); 440-451, 2015.

## 第 1 章 序論

### 第 1 節 研究背景

鍼治療は一般的に筋骨格系の痛みを取り除く手段として用いられており[1], 腰痛[2,3] や変形性膝関節症[4,5]などの痛みを改善し, 患者の Quality Of Life(QOL)を向上させるとされている. スポーツ領域においても, 選手の腰痛[6,7]や肩回旋筋腱板炎[8]など傷害の治療に効果がみられるなど様々なスポーツ傷害の治療に用いられている. しかし, 鍼がスポーツ選手のコンディショニングやパフォーマンスに及ぼす影響について検討した報告はいまだ少なく, さらに鍼の刺激には様々な方法が存在するため効果の検証も多種におよび一貫したエビデンスが示されていない. その究明が期待されている.

鍼の効果は, ある特定の部位を刺激した際に起こる特異的效果[2-8]で, その作用機序に関しては, 主に痛みの抑制と血流の増加によるものとされている[9]. その機序に関する詳細については第 4 節で述べるが, 筋に対する鍼刺激の効果としては, 筋血流の増加による遅発性筋痛の抑制効果[10-12]や筋出力の増加[13-15], 筋活動量の増加[16,17]などが報告されている. しかし, 筋に対する鍼刺激の効果を検討した先行研究では, 毫鍼と呼ばれる鍼で筋中まで深く刺入したり, あるいは刺入した鍼に通電したりという比較的刺激の強い方法で, その刺激が不快に感じたり, 患者によっては副作用が生じたり, また治療に時間や手間がかかるといった鍼灸治療を中断する理由[18]や痛みに対する不安感などが鍼治療受療機会の妨げになっている[19]という課題を抱えている. 実際に, 医療消費者を対象に行われた鍼のイメージ調査では, 「痛そう」という回答が最も多く[20], 痛みを伴わない低刺激の手技が広く認知される必要があると指摘されている[18-21]. そこで近年, この毫鍼よりも刺激が弱く, 痛みを感じることなく治療を実施することができる円皮鍼が注目されている. この円皮鍼は, 絆創膏付きの短い鍼を皮膚に貼付するという簡便な方法で, 自らの身体に使用する場合は専門的な技術を必要とせず, かつドラッグストアなどで購入可能でセルフケアの一環として利用可能である. 円皮鍼の長さは 0.3mm~1.5mm と毫鍼と比較して低刺激であるため, 貼付したまま運動実施が可能である. また円皮鍼は, 生体に与える刺激量の定量化が可能であることに加え, 鍼の介入研究でこれまで

困難とされてきた二重盲検による臨床試験が実施可能である[22]ことから研究分野での応用も期待されている．この円皮鍼に関しては，遅発性筋痛の抑制効果[23]や筋疲労の回復促進効果[24]などが報告されているが，その数はいまだ少ないのが現状である．

一方で，運動時の筋疲労は「最大筋出力の低下もしくは最大筋収縮速度の低下」といった瞬発的な筋力発揮能力の低下とされている[25]ほか，「運動によって引き起こされる筋力や仕事を最大限に発揮する能力の低下」[26]と定義されている．多くのスポーツ種目において筋疲労によるパフォーマンスの低下を抑制することは共通する大きな課題のひとつである．筋疲労による最大筋出力や最大筋収縮速度，仕事量の低下を抑制することができれば，スポーツ選手のパフォーマンスの向上の一助となるとともに，スポーツ領域における鍼治療の普及に寄与できると考えられる．

本論文では，筋疲労が引き起こす瞬発的な筋力発揮能力の低下に対する円皮鍼刺激の影響について検討した．

## 第 2 節 鍼治療の利用状況

我が国における鍼治療の利用状況は、一般成人 1000 名を対象とした Yamashita ら[1]の報告によると、過去 1 年間に鍼治療を受診した者の割合は全体の 6.7%であった。その他、矢野ら[27]の報告によると 2003 年は 1420 名中 92 名の 6.4%、2004 年は 1338 名中 63 名の 4.7%、2005 年は 1337 名 85 名の 6.4%が 1 年間に鍼治療を利用したとされている。また、平成 22 年度厚生労働科学研究「統合医療の情報発信等の在り方に関する調査研究」による報告[28]では、鍼治療の生涯利用率は 3178 名中 868 名 27.0%であった。このように、年々増加するはり師、きゅう師の登録者数に反して、利用率と市場規模の低迷が続いている状態であり、その普及が鍼灸会の大きな課題のひとつとなっている。

それに対して、スポーツ選手の鍼治療の年間利用率を調査した報告では、鍼治療を経験したことのある者が秋元らの報告[29]で 577 名中 296 名の 51.3%、寺田らの報告[30]で 328 名中 191 名 58.3%あったと報告されているほか、大隈ら[31]は 1 大学内における競技スポーツクラブの中で国民体育大会の競技種目である 31 クラブから、国内の種目別活動人数比率[32]をもとに、合計が 100 名になるようにクラブ別に比例抽出し、各クラブにおいて面接調査を行う層別二段サンプリング法を用いて調査している。その結果、スポーツ選手の鍼治療の年間利用率は 15.0%であったと報告している。また、Miyamoto ら[33]は、国民体育大会に参加した 30 競技の 195 名(男 141 名、女 54 名)のうち鍼治療の経験のあった選手は 31.3%であったと報告している。このように、我が国におけるスポーツ選手の鍼治療の利用率は、一般成人よりも高い。米国における調査においても同様で、一般成人の鍼治療年間利用率(1.4%)[34]よりもスポーツ選手の利用率(11.9%)[35]の方が高いと報告されている。

また、鍼治療を受診した目的として、秋元ら[29]の報告によると、577 名中 238 名 41.2%が痛みの軽減と回答し、疲労の除去やコンディショニング・障害の予防と回答した者が 211 名 36.6%であった。大隈ら[30]の報告によると、腰痛や足関節痛といった運動器の痛みの軽減と回答したものより(約 47%)も、疲労回復促進や蓄積の予防(70.6%)、外傷・障害の予防と回答した者(52.9%)の方が多く、スポーツ選手は傷害の痛みの軽減とともにコンディショニングの一環として鍼治療を利用していると



報告されている．

このように，スポーツ選手の鍼治療のニーズは高いことがわかる．

### 第 3 節 鍼の刺激方法

一般的に鍼治療の場合に用いられている刺激の方法としては、①なにで刺激をするか(刺激に用いる鍼の種類)、②どのような刺激を加えるか(刺激の方法)、③どこに刺激をするか(刺激の部位)、が大きな要素となる。

①刺激に用いる鍼の種類については、第 1 章、第 1 節で前述した通り毫鍼と呼ばれる鍼を用いるのが最も一般的な方法である。毫鍼にも様々な種類があり、その長さや太さが違うが最も使用頻度の高い毫鍼は、長さ 40mm~50mm、太さが 0.2mm のものである。その他、20mm 程度の鍼を皮内に 5mm 程度皮膚面に対して水平に刺入し、その上から絆創膏で固定する皮内鍼と呼ばれるものや、本研究で使用する円皮鍼がある。円皮鍼は、鍼の太さが 0.2mm、長さ 0.3mm、0.6mm、0.9mm、1.2mm があり、鍼が固定されている絆創膏を皮膚に貼り付けて使用する(図 1)。

②刺激の方法には、一般的に、

1. 刺入した鍼を上下に動かす(雀啄術)、左右に回旋させるなどの手技を加える方法(旋撚術)
2. 手技は加えず刺したままで放置する方法(置鍼術)
3. 刺入した鍼に電気刺激を加える方法(鍼通電法)

があげられる。(図 2, 3)

③刺激の部位は、身体に 361 あるとされる、いわゆるツボとよばれる経穴[36]の中から東洋医学の理論を基に効果のあると判断された経穴を選択して刺鍼する方法をはじめ、患者が痛みを訴える部位や圧痛の強い部位に直接刺鍼する方法がある。その中でも筋に対する鍼刺激の影響を考える場合、刺激の部位は、対象とする筋もしくはその周囲の皮膚へ直接刺激する局所刺激と対象とする筋とは別の部位に刺激する遠隔部への刺激の 2 つに分けられる[37-39]。

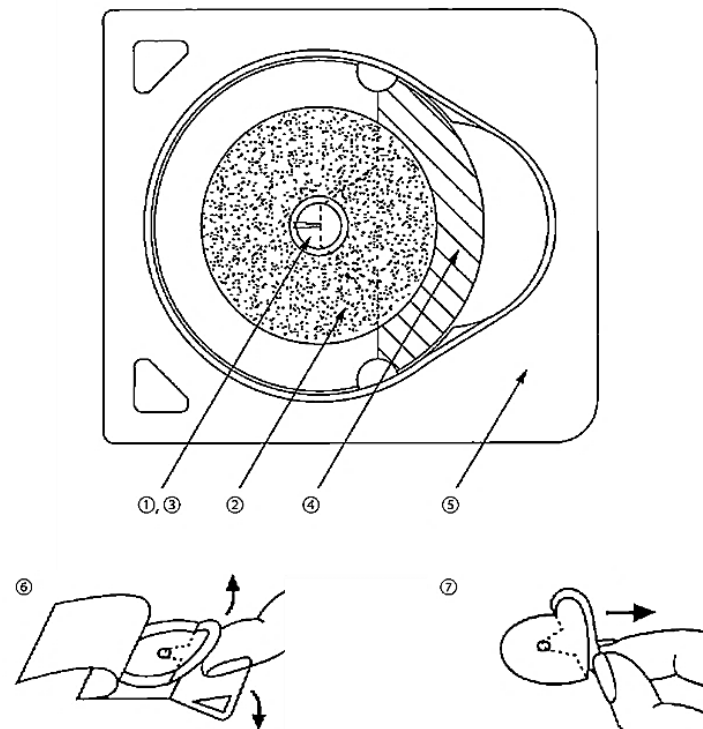


図 1. 円皮鍼の構造と使用方法

① 鍼体(ステンレス製) 鍼長(長さ 0.6mm), ② テープ, ③ 鍼柄(樹脂), ④ 剥離紙(取外し部), ⑤ カートリッジ(プラスチックケース), ⑥ 剥離紙(取外し部)

円皮鍼を身体に貼付する時には, まず⑥テープと一緒に剥離紙をカートリッジから取り外し, ⑦皮膚へ貼り付けた後に, 剥離紙をテープから取り外し, すべてのテープを皮膚面に貼り付けた状態にする.

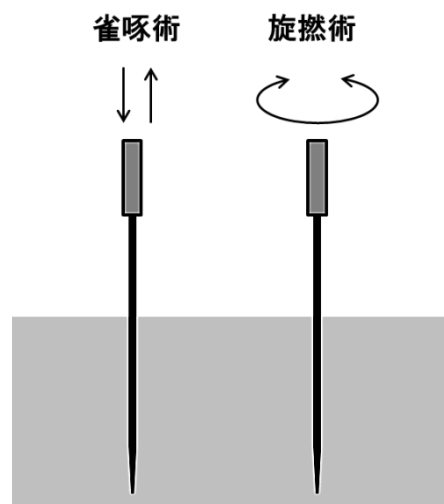


図 2: 鍼の刺激方法(雀啄術, 旋撚術)

刺入した鍼を上下に動かす雀啄術と左右に回旋させる旋撚術

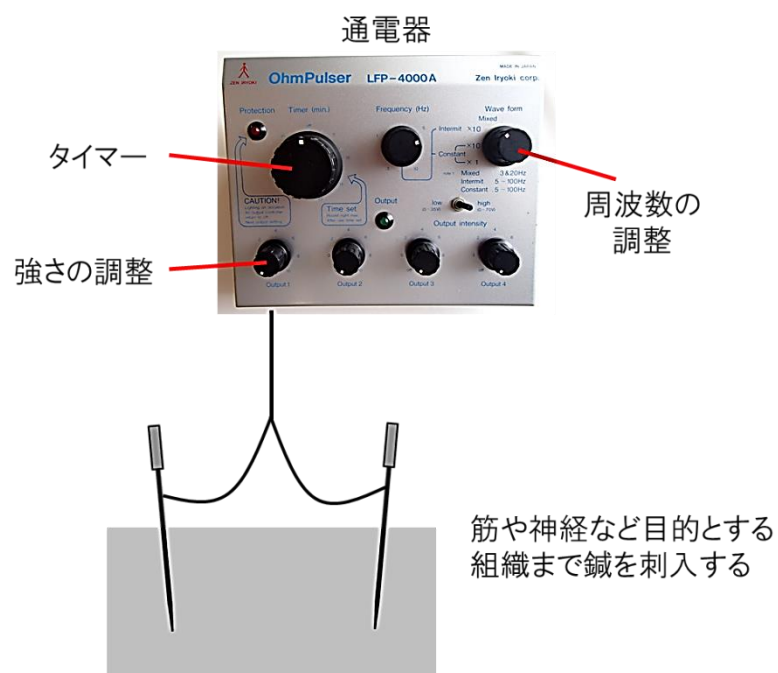


図 3：鍼通電法の模式図

太さ 0.2mm 以上の毫鍼を筋や神経など目的とする組織まで刺入し，通電器を用いて電気刺激を加える．

#### 第 4 節 鍼刺激の効果の機序

鍼の効果は，ある特定の部位を刺激した際に起こる特異的效果[2-8]とされ，その作用機序に関しては，主に痛みの抑制と血流の増加によるものとされている[9]．特に，筋に対する鍼刺激の効果については，①対象とする筋もしくはその周囲の皮膚へ直接刺激する局所への刺激と②対象とする筋とは別の部位に刺激する遠隔部への刺激とでその機序が異なる．遠隔部への刺激では，コリン作動性の交感神経性血管拡張神経を遠心路とする体性 - 自律神経反射による筋血流の増加とされている[40,41](図 4)．局所への刺激では，無髄 C 線維を求心路とする軸索反射によって放出された CGRP(カルシトニン遺伝子関連ペプチド)などの血管拡張物質が引き起こす筋血流量の増加[42-44]とされている(図 5)．

上記した鍼刺激による筋血流増加の効果は，第 1 章，第 3 節で前述した刺激の方法の中の「2. 手技は加えず刺したまま放置するもの(置鍼術)」で，10 分~20 分ほど放置した場合に観察されたもの[40,41,42,44]と置鍼術に加えて刺入した鍼を上下に動かす刺激(雀啄術)を加えた場合に観察されたもの[43,44]である．これらと同様の刺激方法を用いた先行研究では，筋血流増加のほかに，遅発性筋痛の抑制[10-12]，筋出力[13-15]や筋活動量の増加[16,17]などが報告されている．第 7 節では，筋出力に関する詳細について述べる．

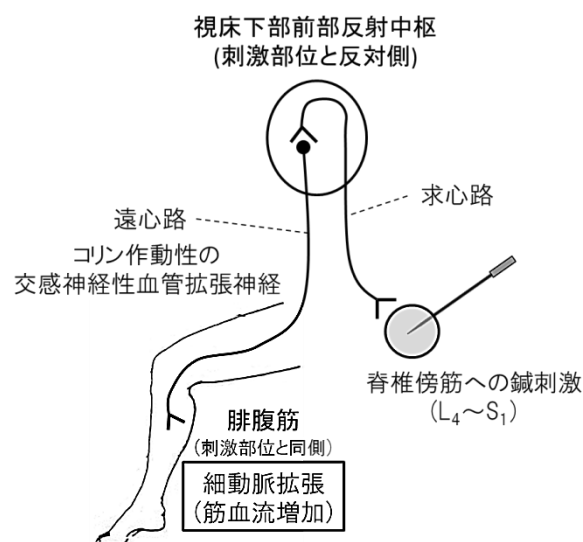


図 4：遠隔部への刺激の作用機序模式図

遠隔部への刺激では，コリン作動性の交感神経性血管拡張神経を遠心路とする体性 - 自律神経反射による筋血流の増加とされている．

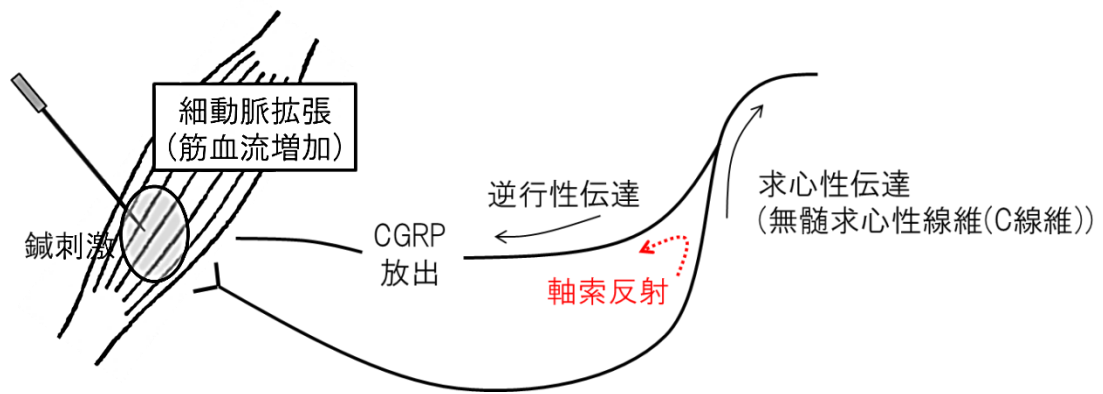


図 5：局所刺激での作用機序模式図

局所刺激では，無髄 C 線維を求心路とする軸索反射(侵害受容器の興奮は軸索分岐部から他の分枝へ逆行性に伝わっていく)によって放出された CGRP(カルシトニン遺伝子関連ペプチド)などの血管拡張物質が引き起こす筋血流量の増加が生じるとされている。

## 第 5 節 鍼の副作用

鍼治療の副作用としては、東洋療法学会編の教科書によると、①気胸、②折鍼、③皮膚反応(発赤、膨隆、アレルギー反応など)、④出血・内出血、⑤抜鍼困難、⑥脳貧血、⑦遺覚があげられている[45]が、国内の研究によれば、全身の副作用(発生率)として、疲労感(8.2%)、眠気(2.8%)、愁訴の悪化(2.8%)、刺鍼部位の痒み(1.0%)、めまい・ふらつき(0.8%)、気分不良(0.8%)が、また局所性の副作用として、抜鍼後の微量出血(2.6%)、刺鍼時痛(0.7%)、皮下出血(0.3%)、治療後の刺鍼部痛(0.1%)、皮下出血(0.1%)、置鍼中の刺鍼部痛または不快感(0.03%)が報告されている[46]。これらの副作用は、豪鍼を深く刺入した場合の報告であり、一般的に使用されている長さ 0.6mm の円皮鍼は、鍼先が真皮で留まり皮下組織より深部に刺さらないため豪鍼に比べて上記のような副作用は少ないと考えられる。宮崎ら[22]による円皮鍼を用いた介入研究で多くの対象者をサンプリングした報告では、毫鍼のような副作用はみられず、円皮鍼刺激後の眠気(0.02%)が報告されている。そのほか、古屋[47]らの報告では3日間の貼付で、かゆみが 14.3%、違和感が 0.04%で発生した報告されているが、製造元であるセイリン株式会社が指定するように 48 時間以内に取り除くことで、そのリスクも軽減できると考えられる。このように、円皮鍼は毫鍼と比較して副作用の発生率が少なく、また副作用が生じた場合もその症状は軽度であるといえる。

## 第 6 節 瞬発的筋力発揮能力の測定

運動時の筋疲労は、「最大筋出力の低下もしくは最大筋収縮速度の低下」といった瞬発的な筋力発揮能力の低下とされている[44]ほか、「運動によって引き起こされる筋力や筋仕事量を最大限に発揮する能力の低下」[45]と定義されている。本研究では、筋疲労の程度をとらえるために運動負荷中とその前後の瞬発的筋力発揮能力を測定した。先行研究では、瞬発的な筋力発揮能力を評価する指標として最大筋出力、**Rate of Force Development**(以下、**RFD**)が用いられている。**RFD**は力の立ち上がり率や増加率を示し、その算出方法は  $\Delta$  筋出力/ $\Delta$  時間である。この **RFD** は、垂直跳びを代表とするジャンプパフォーマンスや最大筋出力と深く関係し、様々なスポーツ動作に共通した瞬発的なパフォーマンスの指標と成り得ると報告されていること[48]に加え、筋の疲労によって低下することが報告されている[49]。その他、運動時の筋疲労の尺度として筋電図測定による筋活動量の評価が用いられている。特に、最大筋出力を繰り返し発揮する運動様式では、筋の疲労によって積分筋電値の数値が低下し、**Mean Power Frequency**(平均周波数、以下 **MPF**)は低周波帯域へ移行するとされている[50]。また、筋出力の時間積分で仕事量をあらわす **force-time integral** を用いた筋疲労の評価もなされている[50]。本論文内では、上記の指標を用いて瞬発的筋力発揮能力および筋疲労の程度を測定した。



## 第 7 節 瞬発的筋力発揮能力に対する鍼刺激の影響

鍼刺激について考える場合，第 1 章，第 3 節で述べたように，①なにで刺激をするか(刺激に用いる鍼の種類)，②どのような刺激を加えるか(刺激の方法)，③どこに刺激をするか(刺激の部位)ということを考慮しなければならない．鍼刺激について考える場合，第 1 章，第 3 節で述べたように，①なにで刺激をするか(刺激に用いる鍼の種類)，②どのような刺激を加えるか(刺激の方法)，③どこに刺激をするか(刺激の部位)ということを考慮しなければならない．ここでは，毫鍼による刺激と円皮鍼による刺激に分類し，その影響についてまとめる．

### 第 1 項 毫鍼を用いた刺激による影響

本項では，毫鍼を用いた刺激を対象とし，「1. 刺入した鍼を上下に動かす(雀啄術)，左右に回旋させるなどの手技を加える方法(旋撚術)」，「2. 手技は加えず刺したままで放置するもの(置鍼術)」，「3. 刺入した鍼に電気刺激を加える方法(鍼通電法)」，計 3 つのどの方法にて刺激を行ったか，それぞれの方法別に筋出力への影響について先行研究をまとめる．さらに，③刺激の部位に関しては，筋出力を測定する主動筋もしくはその周辺の皮膚へ刺激をする局所への刺激(主動筋への刺激)と，対象とする筋とは別の部位へ刺激する遠隔部への刺激の 2 つの要素を加えてまとめた．本論文内では局所への刺激を主動筋への刺激とよび，その他の部位へ刺激した場合と区別することとした．

まず，はじめに「1. 刺入した鍼を上下に動かす(雀啄術)，左右に回旋させるなどの手技を加える方法(旋撚術)」と「2. 手技は加えず刺したままで放置するもの(置鍼術)」を単独でを使用した刺激した場合や両方の方法を組み合わせた刺激を使用した場合で，かつ主動筋への刺激について検討した報告では，Zhou ら[15]と Toma ら[16]の報告がある．Zhou ら[15]は，足関節背屈の等尺性最大筋力に対する影響を検討した．主動筋である前脛骨筋上にある足三里，下巨虚の 2 穴に毫鍼を刺入し置鍼術と雀啄術，旋撚術を行う刺激を週に 3 回，6 週間継続した．置鍼の時間は，1 週目は 15 分，2 週目は 20 分，3 週目から 6 週目までは 30 分間行い，その間 5 分ごとに 15 秒間の雀啄と旋撚を実施した．6 週間の介入後，足関節背屈の最大等尺性筋収縮は pre250N から，post340N へと有意な増加がみられたと報告されている．Toma[16]らは，膝関節屈曲において角速度

9.55 ラジアン(rads)/秒の短縮性筋収縮最大筋出力を用いて検討した．刺激は，主動筋のひとつである半腱様筋に対して筋まで刺入し 15 分間置鍼する刺激方法と刺入後筋まで刺入せずに直ちに抜鍼した刺激方法を全対象者に両方の刺激方法を実施し比較した．その結果，両刺激間に統計学的に有意な最大筋出力の差はみられなかったものの，半腱様筋の筋活動量が筋まで刺入し 15 分間置鍼した場合の方が有意に増加したと報告している．

一方で，Hubscher ら [13]は，旋撚術と置鍼術を遠隔部へ施し，膝関節伸展の等尺性最大筋力に対する直後効果について検討した．刺激は，前脛骨筋上にある足三里，後脛骨筋上にある三陰交，下腹部正中線上，白線上にある気海に刺入後すぐに旋撚術を施し，その後 15 分間置鍼した．刺激後，膝関節伸展の等尺性最大筋力は，605N から 651N へと有意な増加がみられたと報告されている．

さらに，野口[51]らは，主動筋および遠隔部刺激を組み合わせた 3 分間の置鍼術を用いて，2 分間の縄跳び運動による垂直跳び低下および血中乳酸濃度上昇に対する鍼刺激の影響を検討している．鍼刺激群は，縄跳び運動終了 30 分後の垂直跳びの記録は低下しなかった一方で，無刺激群は垂直跳びの記録の低下がみられ，両群を比較すると鍼刺激を加えた方が有意に高い記録を示していた．また，2 分間の縄跳び運動時には両群ともに 6mmol/l まで上昇していた血中乳酸濃度は，運動終了 30 分後，鍼刺激群にのみ有意な減少がみられ，無刺激の場合と比較して有意に低い濃度となっていた．

次に，「3. 刺入した鍼に電気刺激を加える方法(鍼通電法)」についてまとめる．鍼通電法を用いて，かつ主動筋への刺激について検討した報告では，Zhou ら[15]と Haung ら[14]の報告がある．Zhou ら[15]は，足関節背屈の等尺性最大筋力に対する影響を検討している．前脛骨筋上にある足三里，下巨虚の 2 穴に毫鍼を刺入し 40Hz の通電刺激を週に 3 回，6 週間継続した．通電の時間は，1 週目は 15 分，2 週目は 20 分，3 週目から 6 週目までは 30 分間とした．6 週間の介入後，足関節背屈の等尺性最大筋力は pre300N から post350N へと有意な増加がみられたと報告されている．Haung ら[14]は前脛骨筋上にある経穴(足三里，下巨虚)に刺入し，40Hz の断続的な通電刺激(1 分間通電，1 分間非通電)を 15 分間実施した

際の足関節背屈の等尺性最大筋力への影響を検討した。刺激は週に3回、4週間継続して実施した。4週間の介入後、足関節背屈の等尺性最大筋力は、pre27.6kgからpost33.2kgへと有意に増加したと報告されている。以上、毫鍼の瞬発的筋力発揮能力に対する影響について表1に示す。

表 1: 毫鍼を用いた刺激が瞬発的筋発揮能力に及ぼす影響

文 献	対 象 者 デ ザ イ ン	刺 激 部 位 刺 激 方 法	ア ウ ト カ ム	結 果
Zhou ら [15] (2012)	男子大学生 43 名	主動筋・局所刺激 (足三里；前脛骨筋， 下巨虚：前脛骨筋)		
	鍼群，鍼通電群，隣接し同じ前脛骨筋上で非経穴部へ鍼通電する (sham electroacupuncture) 群，コントロール群の 4 群のランダム比較検討 6 週間介入した後の変化について検討	毫 鍼 (長 さ 50mm，太 さ 0.3mm) 筋まで刺入， 3 回 / 週，6 週間継続． 1 週目は 15 分， 2 週目 20 分 3～6 週目は 30 分間し刺激を行う． 鍼群は，5 分ごとに 15 秒間の雀啄と旋撚を実施した	等尺性 足関節背屈 (背屈 15 度)  最大筋出力	鍼群では Pre250N から，Post350N へと有意な最大筋出力の増加がみられた．
Toma ら [16] (1998)	健常成人男性 17 名	主動筋・局所への刺激 (半腱様筋)	短縮性 角速度 9.55(rads)/秒	最大筋出力に変化はなかったが，筋放電量の有意な増加がみられた．
	5 日間の washout を設けた crossover 比較試験 (鍼群 vs コントロール群) 鍼刺激の直後効果の検討	毫鍼(太さ 0.18mm) 筋まで刺入して 15 分間置鍼した	膝関節屈曲  最大筋出力 積分筋電値	
Hubscher ら [13] (2010)	33 名(性別，年齢記載なし)	遠隔部刺激 (足三里：前脛骨筋， 三陰交：後脛骨筋)	等尺性膝伸展 (屈曲 90 度)	鍼刺激によって最大筋出力は増加(47N)し，その増加はプラセボ(レーザー鍼)(20N)と比較して有意に高値を示した
	1 週間の washout を設けた double-blind crossover 比較試験 鍼群 vs コントロール群 vs プラセボ(レーザー鍼)群の 3 条件の比較 鍼刺激の直後効果の検討	毫 鍼 (長 さ 30mm，太 さ 0.3mm) 筋まで刺入し，旋撚術と 15 分の置鍼	最大筋出力 積分筋電値 周波数解析	
野口ら [51] (2005)	男性スポーツ選手 31 名	局所と遠隔部の組み合わせ (両大腿部前面・後面の近位から遠位に均等に 3 か所， 両下腿部前面・後面の近位から遠位に均等に 3 か所ずつ，計 24 か所刺激した)	垂直跳び	縄跳び運動終了 30 分後の垂直跳びの記録で，無刺激群には有意な低下がみられたが鍼刺激群にはみられなかった，また，両群を比較すると鍼刺激の方が有意に高い記録を示していた． 2 分間の縄跳び運動時には両群ともに 6mmol/l まで上昇していた血中乳酸濃度は，運動終了 30 分後，鍼刺激群にのみ有意な低下がみられ，無刺激の場合と比較して有意に低い濃度となっていた．
	鍼刺激群(15 名)と無刺激群(16 名)の比較試験 2 分間の縄跳び運動による垂直跳び低下および血中乳酸濃度上昇に対する鍼刺激の影響を検討	毫 鍼 (長 さ 50mm，太 さ 0.2mm)， 筋まで刺入(1.2cm)して 3 分間置鍼		

文 献	対 象 者 デ ザ イ ン	刺 激 部 位 刺 激 方 法	ア ウ ト カ ム	結 果
Zhou ら [15] (2012)	男子大学生 43 名  鍼群，鍼通電群，隣接し同じ前脛骨筋上で非経穴部へ鍼通電する(sham electroacupuncture)群，コントロール群の 4 群のランダム比較検討  6 週間介入した後の変化について検討	主動筋・局所刺激 (足三里；前脛骨筋 下巨虚：前脛骨筋)  毫鍼を用いて 40Hz の鍼通電刺激電を週に 3 回，6 週間継続．1 週目は 15 分，2 週目 20 分，3～6 週目は 30 分間行う．	等尺性 足関節背屈 (背屈 15 度)  最大筋出力	鍼通電刺激では，pre280N から post360N まで有意に最大筋出力が増加した．また，その増加はコントロールよりも有意に高値を示した．
Haung ら [14] (2007)	非鍛錬者男性 30 名  鍼通電群(15 名)，コントロール群(15 名)の比較試験 週 3 回，4 週間介入した後の変化について検討	主動筋・局所への刺激 (足三里：前脛骨筋 豊隆：前脛骨筋)  毫鍼を用いて 1 分間 40Hz の通電，1 分間非通電の断続的通電刺激を 15 分間実施，週に 3 回，4 週間継続	短縮性 足関節背屈  最大筋出力	最大筋出力は，27.6 kg から 33.2kg まで有意に増加した．

## 第 2 項 円皮鍼を用いた刺激による影響

本項では、③刺激する部位(円皮鍼を貼付する部位)が局所に刺激した場合(主動筋の刺激)か、もしくはその他への遠隔部に刺激した場合かに分類するとともに、測定する筋の収縮様式について等尺性、等張性、等速性のどの筋収縮様式に該当するか分類し、その影響についてまとめた。

まず、刺激部位が主動筋・局所の刺激と遠隔部への刺激を組み合わせた場合で、かつ等尺性運動への影響について検討した報告では、有竹ら[52]と大隈[53]らの報告がある。有竹らは[52]足関節底屈への影響について報告している。遠隔部(第 2 仙骨孔上にある次髁と前脛骨筋上にある足三里)と局所への刺激(腓腹筋上の承山と築賓)を組み合わせた円皮鍼刺激が、運動負荷(2 秒に 1 回足関節底屈の等尺性最大筋収縮を連続 60 回、2 分間のセット間レストをはさみ計 5 セット)による最大筋出力、RFD、30%RFD の低下に及ぼす影響について検討し、次髁穴の刺激を組み合わせとして使用した際には、運動負荷による 30%RFD の低下が無刺激の場合と比較して有意に抑制されたと報告されている。大隈ら[53]は M-Test と呼ばれる経穴選択方法に基づき主動筋・局所への刺激と遠隔部への刺激を組み合わせで円皮鍼刺激を実施した際に、瞬発的筋力発揮能力である Electromechanical Delay(EMD)に及ぼす影響について、その直後効果を検討した。M-Test の方法に基づく円皮鍼刺激では、刺激直後に EMD は有意に速くなったと報告されている。先行研究では、主動筋・局所への円皮鍼刺激を単独で使用情况の影響について検討した報告はなかった。

次に、遠隔部への刺激で、かつ等尺性運動への影響について検討した報告では、古屋ら[24]、安達ら[54]、上野ら[55]の報告がある。古屋ら[24]は、肘関節屈曲における等尺性運動を用いて、運動負荷(最大筋出力 10% の負荷にて肘関節 0 度～90 度の可動範囲で等張性運動を 1 秒間に 1 回のペースで行い、リズムに 2 回以上遅れると定義したオールアウトに至るまで 2set 実施した)の前後の変化について検討した。また、鍼を受けたことによる満足感といった心理的影響を取り除くためのプラセボ鍼を用いた二重盲検クロスオーバー比較試験にて検討した。遠隔部(主動筋・測定筋と同側の第 5 頸椎から第 1 胸椎棘突起の外方 15～20mm の計 4 か所)への鍼刺激の結果、負荷前後の肘屈曲等尺性最大筋出力は変化しなか

ったが，オールアウトに至るまでの回数の変化率(低下率)が円皮鍼刺激の方がプラセボ鍼よりも有意にその低下が抑制されたと報告されている．安達ら[54]および上野ら[55]の詳細については，表 2 に記載しここでは割愛する．

最後に，遠隔部への刺激で，かつ等速性運動への影響について検討した報告では，高橋ら[56]，杉山ら[57]，青山ら[58]の報告がある．高橋ら[56]は，膝関節伸展および屈曲における角速度 60deg/秒の短縮性運動への影響について検討した．また，心理的影響を取り除くためのプラセボ鍼による二重盲検クロスオーバー比較試験を用いた．主動筋・測定筋と同側の第 2 腰椎棘突起から第 1 仙骨の高さの正中仙骨稜までの外方 2cm の遠隔部計 5 か所への円皮鍼刺激は，運動負荷(角速度 60deg/秒の最大短縮性運動を屈曲・伸展で交互に 30 回実施，セット間レスト 3 分として 5 セット実施)後の伸展および屈曲の両試技における最大筋出力，総仕事量，仕事量初回 1/3 の低下をプラセボ鍼と比較して有意に抑制したと報告されている．杉山ら[57]は，膝関節伸展および屈曲における角速度 180deg/秒の短縮性運動への影響について検討した．主動筋・測定筋と同側の第 2 腰椎棘突起から第 1 仙骨の高さの正中仙骨稜までの外方 2cm の遠隔部計 5 か所(腎兪穴，気海兪穴，大腸兪穴，関元兪穴，次髎穴)への円皮鍼刺激は，運動負荷(角速度 180deg/秒の最大短縮性運動を屈曲・伸展を交互に 30 回実施，セット間レスト 3 分として 5 セット実施)後の伸展運動における総仕事量と仕事量初回 1/3 の低下を有意に抑制したと報告されている．青山ら[58]は，膝関節伸展および屈曲における角速度 240deg/秒の短縮性運動への影響について検討した．また，心理的影響を取り除くためのプラセボ鍼による二重盲検比較試験を用いた．主動筋・測定筋と同側の第 2 腰椎棘突起から第 1 仙骨の高さの正中仙骨稜までの外方 2cm の遠隔部計 5 か所(腎兪穴，気海兪穴，大腸兪穴，関元兪穴，次髎穴)への円皮鍼刺激は，運動負荷(角速度 240deg/秒の最大短縮性運動を屈曲・伸展を交互に 50 回実施，セット間レスト 3 分として 5 セット実施)後の伸展運動における総仕事量の低下をプラセボ鍼と比較して有意に抑制したと報告している．以上，円皮鍼の瞬発的筋力発揮能力に対する影響について表 2 に示す．

このように，瞬発的筋力発揮能力対する円皮鍼刺激の影響について検

討した先行研究では，筋出力低下の抑制や回復促進の効果において，ある一定の効果が示されている．しかし，その刺激部位や効果のみられる運動様式(筋収縮様式)については，さらなる検討が必要と考えられる．特に，刺激部位に関してはスポーツ現場で広く理解され利用されるように，経穴に関する知識や解剖学の専門的知識がない人であっても容易く理解し，簡便に実施ができる部位で，かつ効果の再現が期待できる部位を見つける必要があると考えられる．



表 2: 円皮鍼を用いた刺激が瞬発的筋発揮能力に及ぼす影響

文献	対象者 デザイン	刺激部位 刺激方法	アウトカム	結果
有竹ら [52] (1998)	健常成人男性 8 名 直交表による割付に基づいた刺激方法の比較 運動負荷(2 秒に 1 回足関節底屈の等尺性最大筋収縮を連続 60 回, 2 分間のセット間レストをはさみ計 5 セット)前後の変化について検討	遠隔部(第 2 仙骨孔: 次髌と前脛骨筋: 足三里)と局所への刺激(腓腹筋: 承山, 築賓)の組み合わせ.  円皮鍼(長さ 0.6mm, 太さ 0.2mm)	等尺性足関節底屈(背屈 0 度)  最大筋出力 RFD 30%RFD	次髌穴の刺激が加わった際には, 30%RFD の低下が無刺激の場合と比較して有意に抑制された.
大隈ら [53] (2011)	男性大学陸上短距離選手 7 名 crossover 比較試験 鍼刺激の直後効果の検討	遠隔部と主動筋・局所刺激の組み合わせ (M-Test の診断に基づく)  円皮鍼(長さ 0.6mm, 太さ 0.2mm)	等尺性膝伸展(屈曲 90 度)  EMD(ElectromechanicalDelay)	M-Test の診断に基づき, 遠隔部と主動筋・局所に対して円皮鍼刺激を行った結果, 無刺激の場合と比較して EMD が速くなった.
古屋ら [24] (2009)	健常成人男性 29 名 double-blind crossover 比較試験 運動負荷(最大筋出力 10% の負荷にて肘関節 0 度~90 度の可動範囲で等張性運動を 1 秒間に 1 回のペースで行う)を, リズムに 2 回以上遅れるオールアウトに至るまで 2set 実施し, その回数の低下について検討.	遠隔部  (主動筋・測定筋と同側の第 5 頸椎から第 1 胸椎棘突起の外方 15~20mm の計 4 か所)  円皮鍼(長さ 0.6mm, 太さ 0.2mm)	等尺性肘屈曲(肘関節屈曲 70 度, 肩関節屈曲 90 度)  最大筋出力 オールアウトに至るまでの回数	最大筋出力は, プラセボ鍼と比較して差はなく, オールアウトに至るまでの回数の変化率(低下率)が円皮鍼刺激の方がプラセボ鍼よりも有意にその低下が抑制された.
安達ら [54] (1996)	健常成人男性 8 名 washout1 週間の crossover 比較試験 3 秒間の最大随意等尺性筋収縮と 1 秒間の休息を 75 回繰り返す行う運動負荷中の変化について検討	遠隔部 (主動筋・測定筋と同側の第 1~3 腰椎棘突起外方 1cm)  円皮鍼(長さ 0.6mm, 太さ 0.2mm)	等尺性膝伸展(屈曲 90 度)  最大筋出力 RFD 筋放電量	負荷中の最大筋出力の低下率は, 円皮鍼刺激によって有意に少なくなった. また, 鍼刺激群の筋放電量は低下せずに維持されていた.

文献	対象者 デザイン	刺激部位 刺激方法	アウトカム	結果
上野ら [55] (1995)	無処置、腰椎刺激、胸椎刺激の3条件を全被験者が実施  3秒間の最大随意等尺性筋収縮と1秒間の休息を75回繰り返す行う運動負荷中の変化について検討	遠隔部 (主動筋・測定筋と同側の第4腰椎と第11, 12胸椎棘突起外方1cm)  円皮鍼(長さ0.6mm, 太さ0.2mm)	等尺性膝屈曲(屈曲90度)  最大筋出力 RFD	負荷中の最大筋出力の低下率は、円皮鍼刺激によって有意に少なくなった。
高橋ら [56] (2004)	トライアスロン選手12名 double-blind crossover 比較試験 (円皮鍼とプラセボ鍼) 角速度60deg/秒の最大短縮性運動を屈曲・伸展で交互に30回実施、セット間レスト3分として5セット実施した際の変化について検討	遠隔部 (主動筋・測定筋と同側で、第2腰椎棘突起から第1仙骨の高さの正中仙骨稜までの外方2cmの計5か所)  円皮鍼(長さ0.6mm, 太さ0.2mm)	短縮性角速度60deg/秒 膝の伸展と屈曲(屈曲90度～0度の可動域)  最大筋出力 総仕事量 仕事量初回1/3(総仕事量の時間を3等分したうちの始めの1/3の仕事量)	膝屈曲・伸展の両方の運動で、左記の3つの評価項目すべてにおいて、円皮鍼はプラセボ鍼と比較して運動負荷による低下を有意に抑制した。
杉山ら [57] (2003)	トライアスロン選手男女12名 被験者各位で両側を実施、片側を円皮鍼、片側をプラセボ鍼で実施 対象者へ single-blind 実施 角速度180deg/秒の最大短縮性運動を屈曲・伸展を交互に30回実施、セット間レスト3分として5セット実施した際の変化について検討	遠隔部 (主動筋・測定筋と同側で、第2腰椎棘突起から第1仙骨の高さの正中仙骨稜までの外方2cmの計5か所(腎俞、気海俞、大腸俞、関元俞、次髎))  円皮鍼(長さ0.6mm, 太さ0.2mm)	短縮性角速度180deg/秒 膝の伸展と屈曲(屈曲90度～0度の可動域)  最大筋出力 総仕事量 仕事量初回1/3(総仕事量の時間を3等分したうちの始めの1/3の仕事量)	膝伸展時にのみ、総仕事量と仕事量初回1/3においてプラセボ鍼を使用した場合よりも円皮鍼刺激の方が有意に運動負荷による低下を抑制した。
青山ら [58] (2005)	トライアスロン選手男女10名 被験者各位で両側を実施、片側を円皮鍼、片側をプラセボ鍼で実施 double-blind にて実施 角速度240deg/秒の最大短縮性運動を屈曲・伸展を交互に50回実施、セット間レスト3分として5セット実施した際の変化について検討	遠隔部 (主動筋・測定筋と同側で、第2腰椎棘突起から第1仙骨の高さの正中仙骨稜までの外方2cmの計5か所(腎俞、気海俞、大腸俞、関元俞、次髎))  円皮鍼(長さ0.6mm, 太さ0.2mm)	短縮性角速度240deg/秒 膝の伸展と屈曲(屈曲90度～0度の可動域)  最大筋出力 総仕事量 仕事量初回1/3(総仕事量の時間を3等分したうちの始めの1/3の仕事量)	膝伸展にのみ、総仕事量においてプラセボ鍼を使用した場合よりも円皮鍼刺激の方が有意に運動負荷による低下を抑制した。

## 第 8 節 本研究の目的

本研究の目的は、運動負荷によって生じた筋疲労を前送した最大筋出力、RFD といった瞬発的筋力発揮能力や筋電図測定による筋活動量などを用いてとらえることで、その低下に対する円皮鍼刺激の影響について明らかにするとともに、先行研究で課題であった刺激部位に関して、新たな知見を見出すことを目的とした。

本研究により円皮鍼刺激が筋疲労を抑制しうる簡便な方法として認められれば、スポーツ選手のパフォーマンスの向上の一助となるとともに、スポーツ領域における鍼治療の普及に寄与できると考えられる。

## 第 9 節 本研究の構成(研究課題)

本研究の目的を達成するために、3つの研究課題を設定した。

研究課題 1 では、筋疲労による膝伸展等尺性最大筋出力の低下に対する影響を、主動筋(大腿四頭筋)への刺激と遠隔部への刺激を組み合わせた円皮鍼刺激を用いて検討した。

研究課題 2 では、膝伸展等尺性収縮時の最大筋出力および RFD の筋疲労による低下に対してどのような影響があるか、主動筋(大腿四頭筋)への円皮鍼刺激を用いて検討した。

研究課題 3 では課題 2 で明らかとなった円皮鍼の主動筋への刺激効果について心理的影響であるプラセボ効果を取り除いた二重盲検比較試験を用いて検討した。

## 第 2 章 主動筋および遠隔部への刺激を組み合わせた円皮鍼刺激が筋疲労による膝伸展等尺性最大筋出力の低下に及ぼす影響

### 第 1 節 目的

M-Test の方法に基づいた主動筋および遠隔部を組み合わせた円皮鍼刺激を予め実施し，運動中に円皮鍼を貼付することが運動負荷に伴う筋疲労による膝伸展等尺性最大筋出力の低下に対してどのような影響を及ぼすか明らかにすることを本章の目的とした．

## 第 2 節 研究方法

### 2-2-1 対象者

対象者は，大学ラグビー部に所属するフォワード選手 10 名，バックス選手 10 名の計 20 名で，傷害がなく通常練習に参加できている者とした．また，本研究参加に際して，全対象者に研究内容を十分に説明し，書面により参加の同意を得た．なお，本研究は福岡大学研究倫理審査委員会の承認を得て実施した．対象者特性を表 3 に示す．

表 3：研究課題 1 の対象者特性

	身長 (cm)	体重 (kg)	年齢 (歳)	競技歴 (年)
鍼刺激群 (n=10)	173.3±4.7	82.1±7.0	20.8±0.6	10.2±3.6
コントロール群 (n=10)	172.4±5.4	77.8±10.8	20.4±0.8	9.6±4.0

平均値±標準偏差

### 2-2-2 研究デザイン

封筒法を用いて層別無作為割付けを行った．フォワード選手とバックス選手をそれぞれ 5 名ずつ 2 群に割付け，鍼刺激群 10 名，コントロール群 10 名とした．

### 2-2-3 測定プロトコル

まず負荷を 50W に設定した自転車エルゴメーターにて，ペダル回転数 60rpm で 5 分間のウォーミングアップを行った．その後，1 回目の筋出力測定を行った後，鍼刺激群は 10 分間の鍼刺激を行い，コントロール群は 10 分間の開眼仰臥位安静を行った．その後，後述する運動負荷を行い，負荷終了後，2 回目の筋出力測定を行った．以上のプロトコルを図 6 に示す．

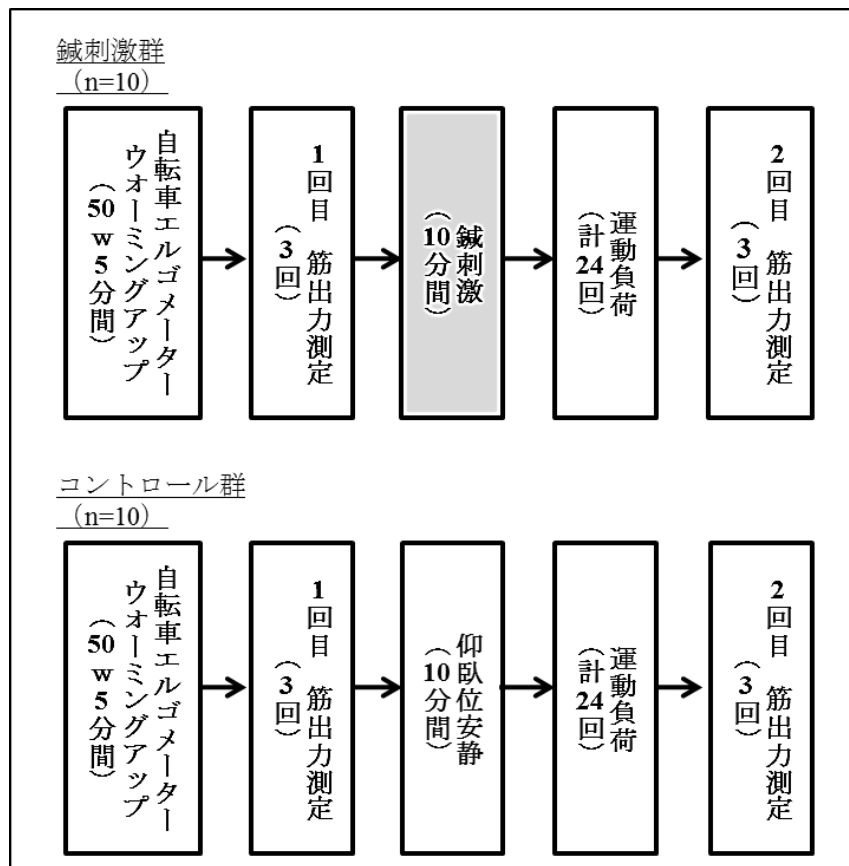


図 6：研究課題 1 の測定プロトコル

#### 2-2-4 測定・評価項目と運動負荷

##### 2-2-4-1 筋出力測定

本章では，対象者をメディカ社製 Cybex NORM(Cybex Medical Inc., Shirley, NY)に座らせ，上部と腰部をシートベルトで固定した．測定時の膝関節の角度は，Yeung[59]らの測定条件であった屈曲位 80 度を参考に，測定装置で設定可能，かつ屈曲位 80 度に最も近い屈曲位 75 度とした．測定の対象とした脚は右脚に統一し，音刺激に対する右膝関節伸展動作を行う際に観察される等尺性最大随位筋収縮(Isometric Maximum Voluntary Contraction，以下 IMVC)における最大筋出力を測定した．対象者には，「用意」の掛け声の後に鳴るブザー音(音刺激)

が聞こえたら，対象者の最大努力でできる限り素早く強く膝を伸展する動作を行うように指示をした．プロトコルの各セッションにおける筋出力の測定は，鍼刺激前後もしくは安静前後にそれぞれ 3 回ずつ，計 6 回行った．その際，各測定の間には 1 分間の休息をとった．

#### 2-2-4-2 運動負荷

筋疲労を引き起こすことを目的に行った運動負荷は，Yeung[59]が行っていた運動負荷を参考にした．5 秒間の IMVC と 5 秒間の休息とを 1 セット(10 秒間)とし，計 12 セット(2 分間)の運動負荷を 2 分間の休息をはさみ 2 回行った．運動負荷のプロトコルについて，図 7 に示す．

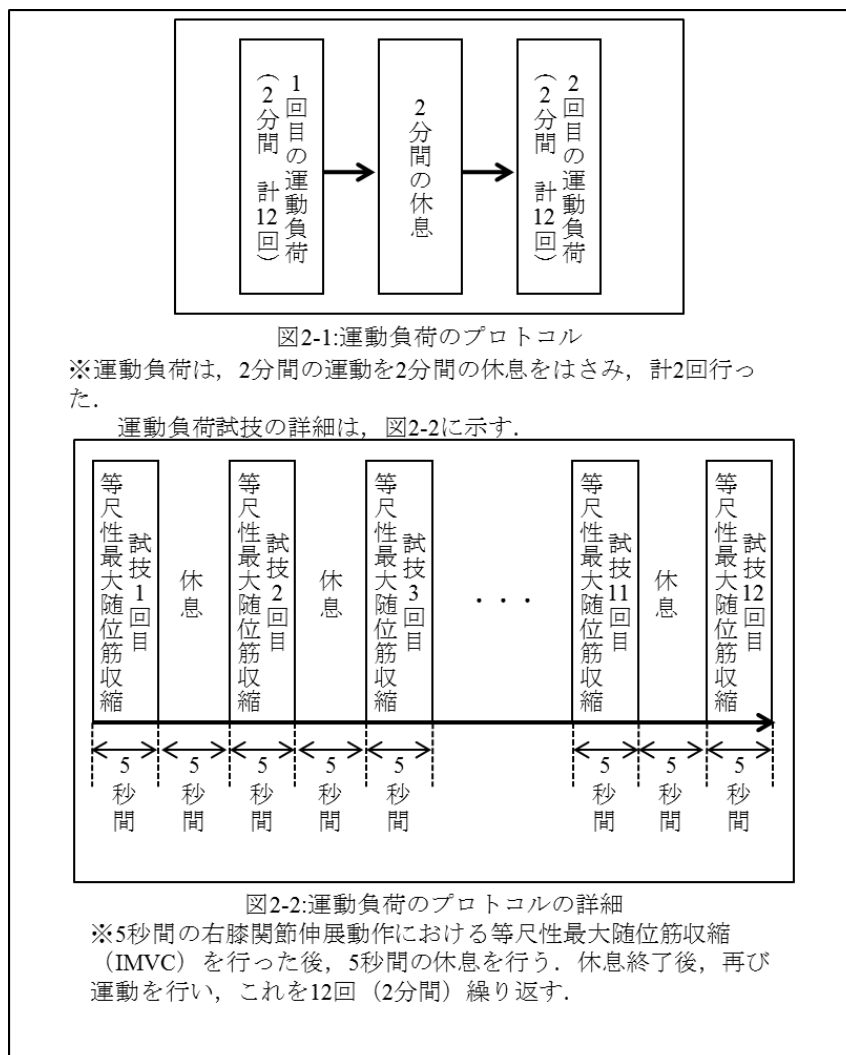


図 7：研究課題 1 の運動負荷プロトコル



## 2-2-5 鍼刺激および開眼仰臥位安静

鍼刺激は，M-Test [60-63]とよばれる方法を用いて行った．この方法ではまず，鍼刺激介入の前に 30 種類の動作(図 8)を実施し，どの動作を行った際に痛みやツッパリ感(陽性所見)が生じるか確認する．その後，治療の方針を示した Decision Tree[60-63]に基づいて経穴選択を行う．選択した経穴を指で軽く触れながら陽性所見を示した動作を行い，所見が顕著に改善するかどうか判断する．経穴を指で触れ所見が顕著に改善し，有効と判断できた経穴にのみ鍼刺激を行い，刺激後再び陽性所見が改善することを確認する．この方法では対象者の身体の状態によって使用する鍼の本数や経穴が異なるものの，決められた手順に沿って治療することで治療の方針に一貫性を保つことができる．

本研究では，M-Test の考え方から膝伸展動作を下肢後面の伸展動作と判断した．そこで，鍼刺激でその陽性所見を改善させる動作を右下肢後面の伸展動作(図 8 の 18, 19, 24)とし，さらにこれに加え膝伸展時の主動筋である大腿四頭筋へのアプローチとして右下肢前面の伸展動作(図 8 の 16, 17)とした．下肢後面の伸展動作における陽性所見を改善するためには，下腿後面，大腿部後面を通るとされている腎経と膀胱経(図 9-1)と呼ばれる経絡上の経穴や圧痛部の中から上記の方法で陽性所見が改善する部位を見つけ出し，刺激を加えた．その他，下肢前面を伸展させる動作の改善には，下腿前面，大腿部前面に通るとされる脾経と胃経(図 9-2)の経絡上に刺激を加えた．対象者の身体の状態によって刺激する部位が多少変化したものの，本研究での刺激部位はおおよそ被験側である右大腿前面部(胃経，脾経)および臀部(膀胱経)であり，前述した先行研究と同様に局所と遠隔部の組み合わせを用いた刺激となった．また鍼刺激は，上記の方法を用いて 10 分間でできるだけ陽性所見を減らすことを目的に実施し，刺激には長さ 0.6mm の円皮鍼(セイリン社製パイオネックス)を用いた．鍼刺激後の運動負荷および反応時間測定時は，円皮鍼を貼付したままで行った．コントロール群は，開眼仰臥位での安静を鍼刺激に要する時間と同じ 10 分間行った．

**M-Test Record**

Severity      pre   post  
 0 ————— 10  
 null            intense

(    /    /    )    D/M/Y    Case Nr.

Name \_\_\_\_\_

Age \_\_\_\_\_    M • F    C. C. \_\_\_\_\_

Anterior		Posterior		Lateral-medial			
<div>1</div> <div>1-A</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> </div>		<div>2</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> </div>		<div>3</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> </div>			
<div>4</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> </div>		<div>6</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> </div>		<div>8</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> </div> <div>10</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> </div>			
<div>5</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> </div>		<div>7</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> </div>		<div>9</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> </div> <div>11</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> </div>			
<div>12</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> </div>		<div>13</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> </div>		<div>14</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> </div> <div>15</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> </div>			
<div>16</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> </div>		<div>18</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> </div>		<div>20</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> </div> <div>22</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> </div>			
<div>17</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> </div>		<div>19</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> </div>		<div>21</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> </div> <div>23</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> </div>			
<div>23</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> </div>		<div>24</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> </div>		<div>25</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> </div> <div>26</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> </div>			
<div>27</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> </div>		<div>28</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> </div>		<div>29</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> </div> <div>30</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> </div>			
L • R		L • R		L • R      L • R			

図 8 : M-Test 所見用紙

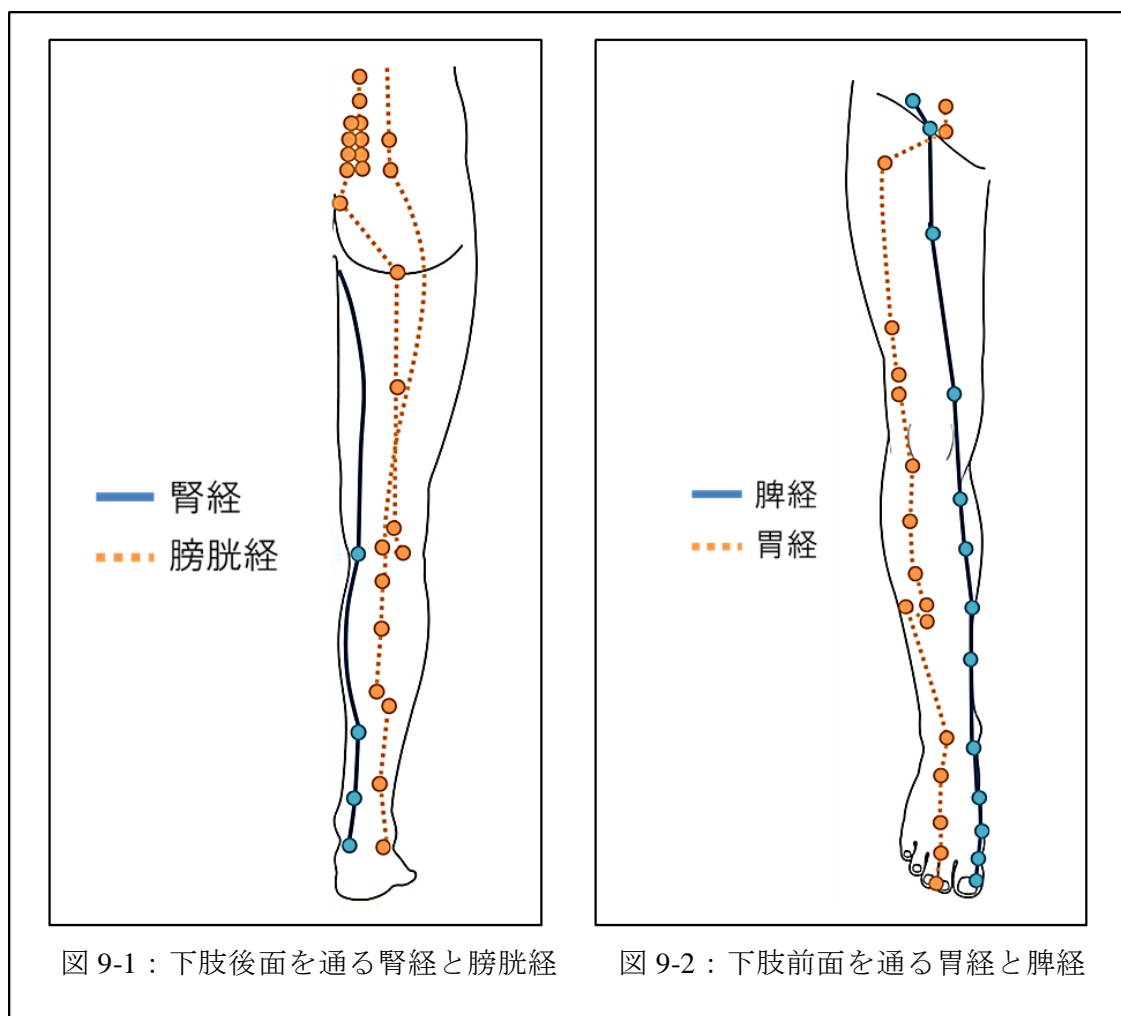


図 9-1：下肢後面を通る腎経と膀胱経

図 9-2：下肢前面を通る胃経と脾経

図 9：下肢前面と後面に存在するとされる経絡

#### 2-2-6 比較方法と統計処理

円皮鍼による介入がそれぞれの測定項目に影響を及ぼすかどうかについて、時間、介入方法の 2 要因分散分析を用いて確認した。また、事後検定には Bonferroni の方法による多重比較を行った。また、群間比較に用いる 2 群比較には、対応のない t 検定を用いた。

統計処理には SPSS15.0 を用い、有意水準は 5%とした。

### 第 3 節 結果

#### 2-3-1 運動負荷前後の最大筋出力

##### 2-3-1-1 実測値を用いた検討

2 要因分散分析の結果，有意な時間の主効果 ( $F(1.00, 18.00)=22.13$ ,  $p=0.01 < 0.05$ ) がみられたが，介入 ( $F(1.00, 18.00)=0.56$ ,  $p=0.46$  n.s.) には有意な主効果がみられなかった．有意な交互作用 ( $F(2.00, 18.00)=0.56$ ,  $p=0.46$  n.s.) はみられなかったが，運動負荷前後において，両群間に有意な差はなかった．以上の結果を，図 10 に示す．

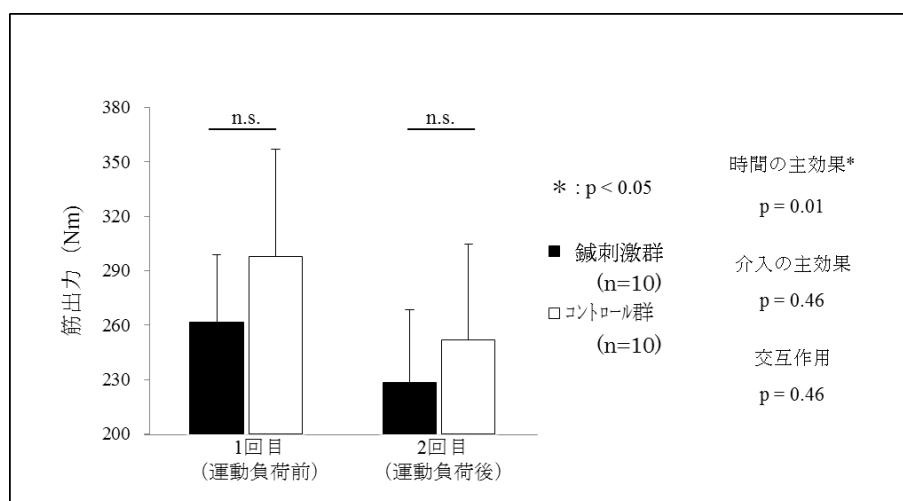


図 10 : 運動負荷前後の最大筋出力の変化 -実測値を用いた検討 -  
(研究課題 1)

### 2-3-1-2 変化率を用いた検討

2 要因分散分析の結果，有意な時間の主効果 ( $F(1.00, 18.00)=21.45$ ,  $p=0.01 < 0.05$ ) がみられたが，介入 ( $F(1.00, 18.00)=0.38$ ,  $p=0.54$  n.s.) には有意な主効果がみられなかった．また，有意な交互作用 ( $F(2.00, 18.00)=0.38$ ,  $p=0.54$  n.s.) も認められなかった．運動負荷前後において，両群間に有意な差はなかった．以上の結果を，図 11 に示す．

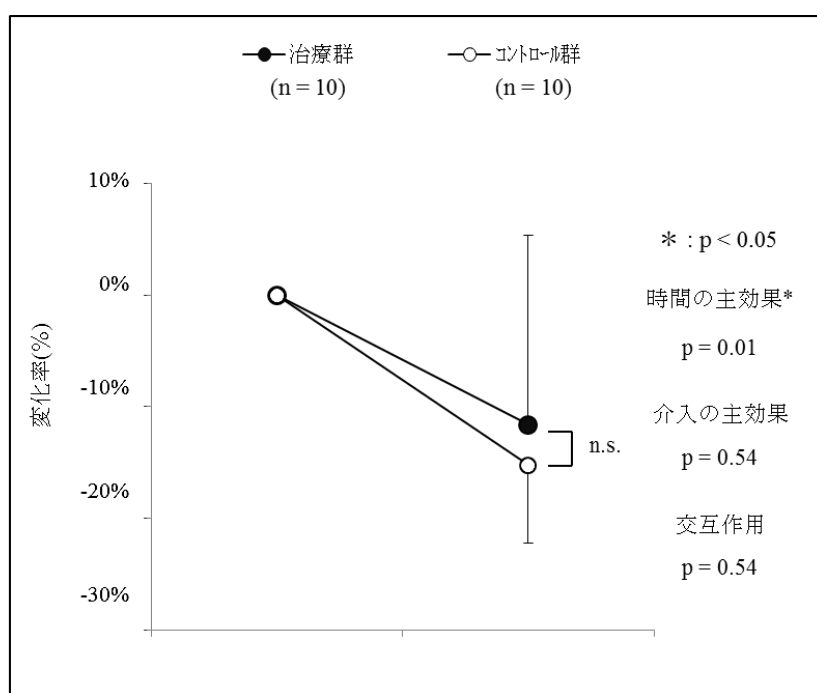


図 11：運動負荷前後の最大筋出力の変化 -変化率を用いた検討-  
(研究課題 1)

### 2-3-2 運動負荷中の最大筋出力

#### 2-3-2-1 実測値を用いた検討

2 要因分散分析の結果，有意な時間の主効果 ( $F(11.00, 198.00)=20.93$ ,  $p=0.01 < 0.05$ ) がみられたが，介入 ( $F(1.00, 18.00)=2.00$ ,  $p=0.18$  n.s.) には有意な主効果がみられなかったが，有意な交互作用 ( $F(11.00, 198.00)=2.68$ ,  $p=0.03 < 0.05$ ) が認められた．各測定回において，両群間に有意な差はみられなかった．以上の結果を，図 12-1 に示す．

### 2-3-2-2 変化率を用いた検討

2 要因分散分析の結果，時間 ( $F(11.00, 198.00)=19.15$ ,  $p=0.01 < 0.05$ ) と介入 ( $F(1.00, 18.00)=4.54$ ,  $p=0.04 < 0.05$ ) に有意な主効果がみられた．しかし，有意な交互作用 ( $F(11.00, 198.00)=1.70$ ,  $p=0.08$  n.s.) は認められなかった．測定 7 回目から 11 回目では，有意に鍼刺激群の方が高値を示し，筋出力の低下がコントロール群よりも低かった．以上の結果を，図 12-2 に示す．

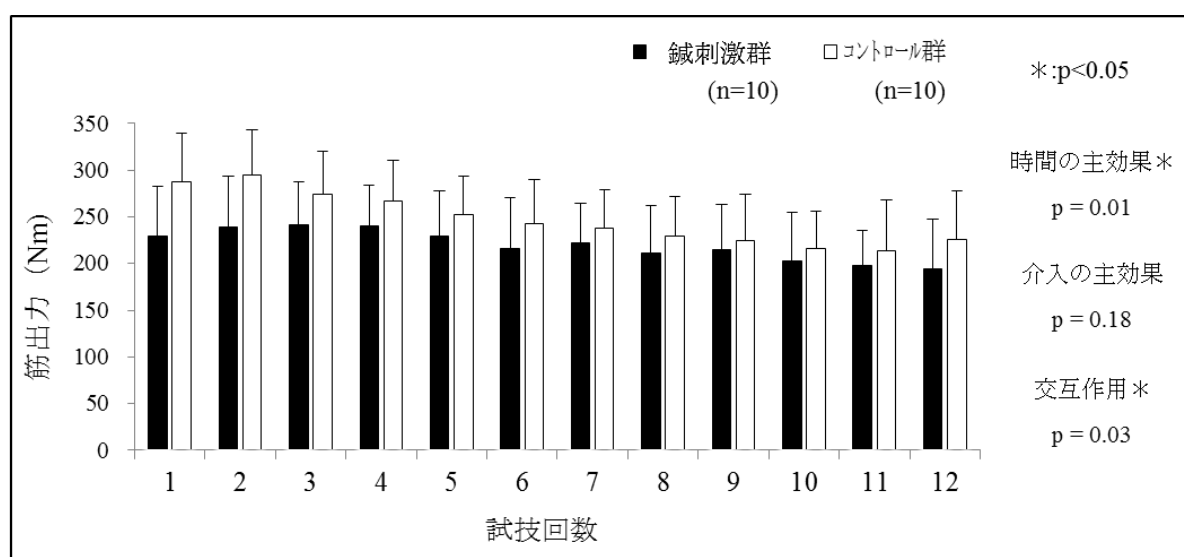


図 12-1：運動負荷時の最大筋出力の変化 - 実測値を用いた検討 -

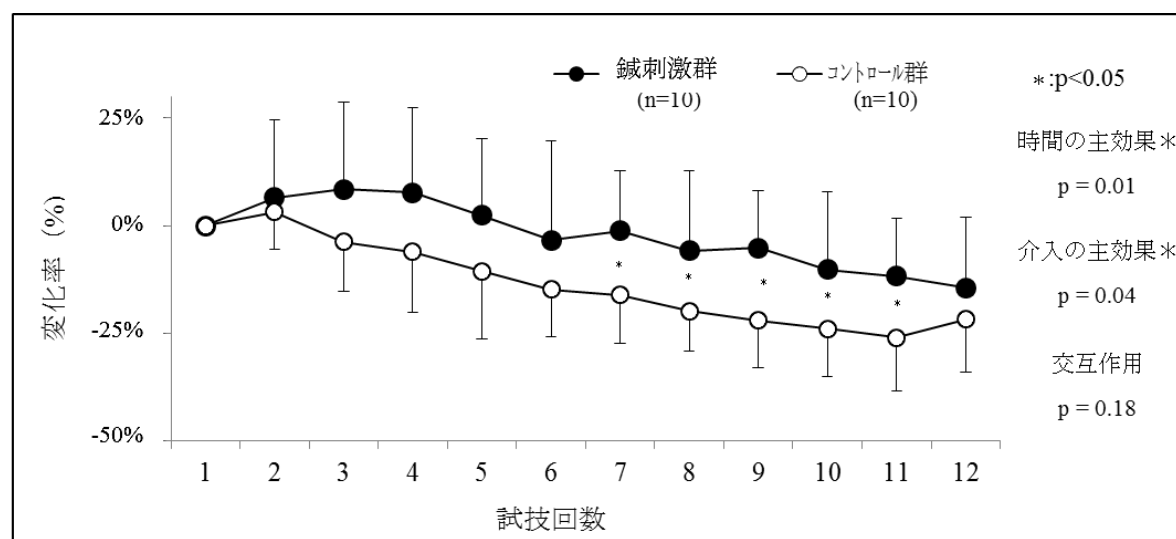


図 12-2：運動負荷時の最大筋出力の変化 - 変化率を用いた検討 -

図 12：運動負荷時の最大筋出力の変化(研究課題 1)

#### 第 4 節 考察

本章では、主動筋および遠隔部を組み合わせる円皮鍼刺激を予め実施し、運動中に円皮鍼を貼付することが運動負荷に伴う筋疲労による膝伸展等尺性最大筋出力の低下に対してどのような影響を及ぼすかについて検討した。

これまでに安達ら[54]，高橋ら[55]ら，杉山ら[57]，青山ら[58]は，円皮鍼刺激が運動負荷による膝関節伸展の筋力低下を抑制すると報告している．本研究では，2 要因分散分析の結果，運動負荷前後の最大筋出力は実測値および変化率を用いたいずれの検討においても有意な円皮鍼介入の主効果はみられず，群間差も観察されなかった．しかし，運動負荷中では，変化率を用いた検討において有意な円皮鍼介入の主効果がみられ，鍼刺激群の方が有意に筋出力の低下が少なかったことから，**M-Test** に基づいた主動筋，遠隔部への円皮鍼刺激が筋疲労に伴う筋出力の低下を抑制することが示唆された．これは，先行研究で報告されている円皮鍼の筋疲労による筋出力低下の抑制効果を支持する結果となった．先行研究において円皮鍼刺激のこれらの効果は，遠隔部への刺激でのコリン作動性の交感神経性血管拡張神経を遠心路とする体性 - 自律神経反射による筋血流の増加(図 4)，もしくは局所への刺激での無髄 C 線維を求心路とする軸索反射によって放出された **CGRP**(カルシトニン遺伝子関連ペプチド)などの血管拡張物質が引き起こす筋血流量の増加(図 5)とされており，本章における円皮鍼の筋疲労による筋出力低下の抑制は同様の機序によるものと推察されるが，機序に関して推察の域を脱しない．

一方で，本章では瞬発的筋発揮能力の評価を最大筋出力のみでおこなったため，筋疲労を定義となっている最大筋出力の低下もしくは最大筋収縮速度の低下[44]，仕事量の低下[45]を網羅しているとは言えない．そのため，評価方法・測定項目について再検討する必要があると考えられ，特に筋収縮速度を評価し得る項目を用いての再検討が必要である．また，本章では，対象者に対して割り付け内容が盲検化されておらず，得られた結果にはプラセボ効果など様々なバイアスが含まれている可能性がある．

本章では刺激の部位選定に **M-Test** の方法を用いたが，この方法を

実践するためには、いわゆるツボと言われる経穴や東洋医学のひとつの考え方である経絡の理論に関する知識をある一定以上有する必要がある。鍼灸師など、専門的な教育を受けている者にとっては非常に簡便な方法であるが、スポーツ現場で選手と直接コンタクトを持つと考えられる鍼灸師以外のトレーナーにとって、この方法を理解し利用するには、いくらかの時間が必要となると考えられる。また、円皮鍼はその使用が簡便であり、毫鍼のように専門的な技術が必要なく、選手が自ら貼付することができるという特性を有するが、選手のセルフケアの一環として M-Test の方法を使用することを想定した場合、効果の再現が困難であると考えられる。そのため、より簡便な刺激部位を用いた検討が必要であると考えられる。



## 第 5 節 本章のまとめ

M-Test の方法に基づいた主動筋および遠隔部を組み合わせた円皮鍼刺激を予め実施し，円皮鍼を貼付したまま運動することが運動負荷に伴う筋疲労による膝伸展等尺性最大筋出力の低下を抑制することが示唆された．

しかし，瞬発的筋発揮能力の評価方法の再検討，プラセボ効果を取り除いた条件での検討が必要なこと，医学的な知識を有するものでなくても簡便に実施できるような円皮鍼による刺激部位での検討が今後必要であると考えられる．以上の課題を，次章以降で検討する．

### 第 3 章 円皮鍼を用いた主動筋への刺激が筋疲労による瞬発的筋力発揮能力低下に及ぼす影響

#### 第 1 節 目的

先行研究および第 2 章において課題と考えられた，円皮鍼刺激を加える部位と瞬発的筋発揮能力の評価方法を再検討した．本章では，円皮鍼による刺激部位を運動の主動筋とし，瞬発的筋発揮能力の評価を最大筋出力，RFD，筋活動量を用いて行った．

本章での目的は，主動筋への円皮鍼刺激を予め実施し，円皮鍼を貼付したまま運動することが筋疲労による瞬発的筋力発揮能力低下に及ぼす影響について明らかにすることである．

## 第 2 節 研究方法

### 3-2-1 対象者および研究デザイン

まず，予備実験にてサンプルサイズの算出をおこなった．アウトカムを最大筋出力とし，対象者 20 名(鍼刺激群 10 名，コントロール群 10 名)で実施した．各群の最大筋出力平均値は鍼刺激群で  $214\text{N}\cdot\text{m}$ ，コントロール群で  $174\text{N}\cdot\text{m}$ ，両群合わせた標準偏差が  $39\text{N}\cdot\text{m}$ ， $\alpha$  エラーを 0.05， $\beta$  エラーを 0.20(検定力 0.80)として算出した．その結果，各群 16 名の被験者が必要であると算出された．

予備実験より算出されたサンプルサイズ 32 名を，過去に行っていたスポーツ種目を基に鍼刺激群 16 名，コントロール群 16 名の 2 群に層別化無作為割付けにて分類し，比較検討した．被験者特性を表 4，対象者の過去の競技歴を表 5 に示した．全対象者に本研究への内容を十分に説明し，書面により参加の同意を得た．なお，本研究は筑波大学研究倫理審査委員会(体 25-62 号)の承認を得て実施した．

表 4：研究課題 2 の対象者特性

	鍼刺激群 (n = 16)	コントロール群 (n = 16)
年齢(歳)	$24.00 \pm 1.97$	$24.88 \pm 2.90$
身長(cm)	$174.13 \pm 7.03$	$173.50 \pm 4.571$
体重(kg)	$70.31 \pm 7.42$	$69.69 \pm 9.08$
膝伸展等尺性最大筋出力( $\text{N}\cdot\text{m}$ )	$227.32 \pm 45.86$	$216.11 \pm 60.67$
体重で補正した 等尺性最大筋出力( $\text{N}\cdot\text{m}/\text{kg}$ )	$3.24 \pm 0.53$	$3.10 \pm 0.61$
RFD ( $\text{N}\cdot\text{m}/\text{m秒}$ )	$10.27 \pm 3.39$	$9.13 \pm 3.01$

平均値  $\pm$  標準偏差，RFD；Rate of Force Development

表 5：研究課題 2 の対象者の競技歴

	鍼刺激群	コントロール群
野球	3	4
サッカー	5	5
バレーボール	3	2
バスケットボール	1	2
ラグビーフットボール	2	2
柔道	1	0
レスリング	1	0
バドミントン	0	1
合計	16	16
競技歴 (年, 平均値 ± SD)	10.13 ± 1.89	9.31 ± 2.27

### 3-2-2 測定プロトコル

測定実施のプロトコルを図 13 の a) に示す．まずウォーミングアップとして，50W に負荷を設定した自転車エルゴメーターにて，ペダル回転数 60rpm で 10 分間ペダリングさせた後，実際の測定試技を 3 回実施させた．ウォーミングアップ終了後，1 回目(介入前)の瞬発的筋力発揮能力を測定した．測定終了後，鍼刺激群は 5 分間で円皮鍼を貼付し，コントロール群は座位開眼安静を 5 分間行った．円皮鍼貼付もしくは安静終了後，2 回目(介入後)の瞬発的筋力発揮能力を測定し，運動負荷を行った．負荷終了後，3 回目(運動負荷後)の瞬発的筋力発揮能力を測定した．3 回目(運動負荷後)の測定は，運動負荷終了 2 分後に開始した．

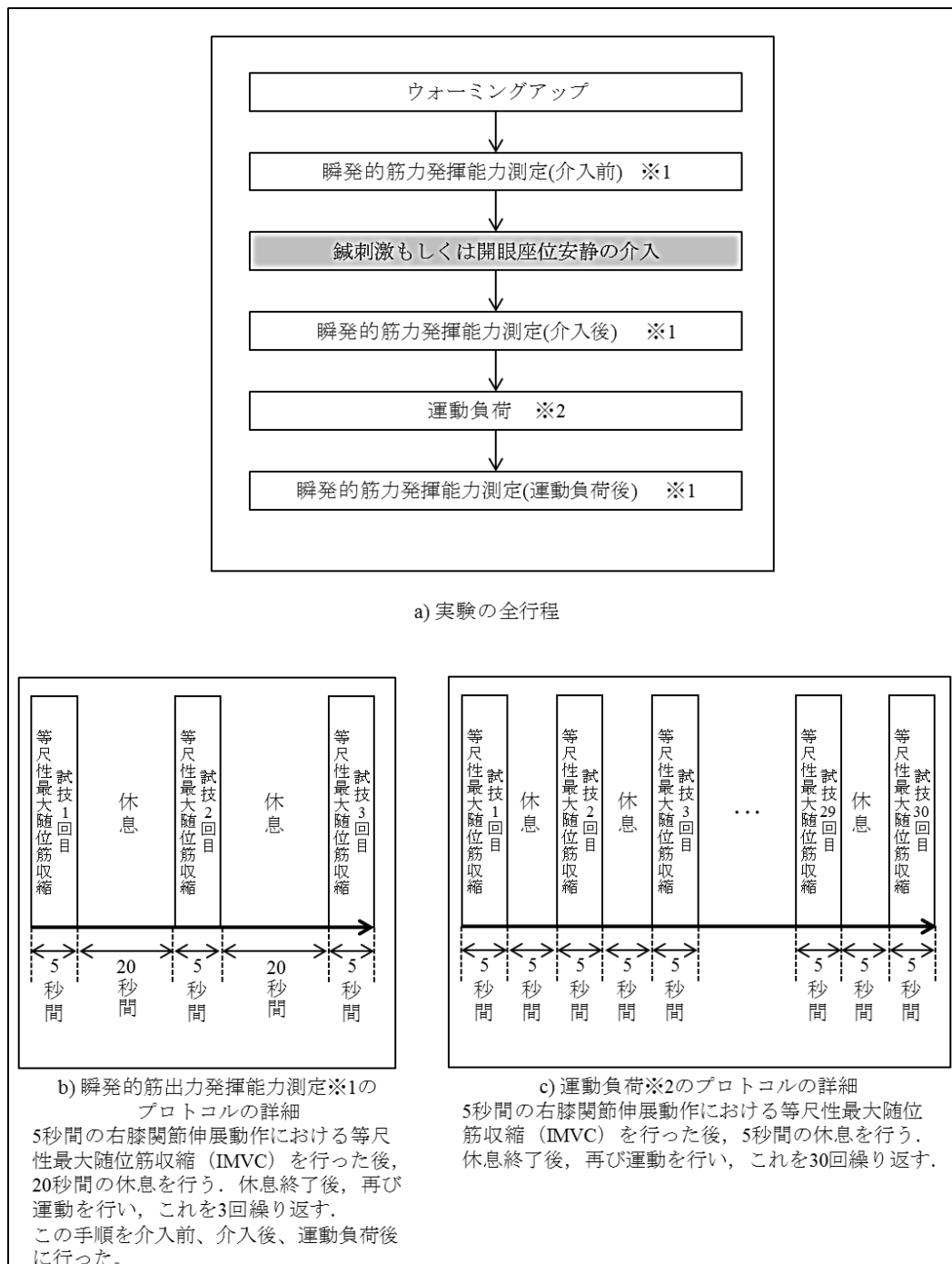


図 13：研究課題 2 の測定プロトコルおよび  
瞬発的筋発揮能力測定と運動負荷のプロトコル

### 3-2-3 瞬発的筋発揮能力の測定

瞬発的筋力発揮能力を測定するために、音刺激に対する反応動作を測定した。その運動様式は、Yeung[59]らの方法を参考に、右膝関節伸展動作における IMVC とした。対象者を Biodex System3 (Biodex Medical Inc., Shirley, NY) に座らせ、上部・腰部・下腿をシートベルトで固定した。股関節は 90 度、膝関節は屈曲位 80 度とし、対象者は 1.0m 前方に設置されたブザーから音が聞こえたら最大努力でできる限り素早く強く膝を伸展する動作を開始し、ブザーが鳴りやむまでの 5 秒間継続して IMVC を行うように指示をした。5 秒間の IMVC は、20 秒の休息時間をはさんだ 3 回の実施を 1 セットとし、後述する実験プロトコルの各タイミングで計 3 セット実施した(図 13 の b))。

以上の測定試技を用いて、以下のものを測定項目として算出した。

#### 3-2-3-1 最大筋出力

先行研究[64]を参考に 7.5Nm の筋出力が発生した時点を筋出力の発生と定義した。また、すばやい動作を行う際に発生する最大筋出力は、動作開始から約 400 から 600m 秒の間に観察される[65]ため、本研究では筋出力が発生(7.5Nm に達した時点)してから 500m 秒の間に観察される最大筋出力と IMVC を実施する 5 秒間に観察される最大筋出力を記録した。筋出力の測定には Biodex System3 を用い、サンプリング周波数 1000Hz でコンピューターに入力、記録した。

#### 3-2-3-2 RFD (Rate of Force Development)

RFD は、立ち上がり率・増加率を示し、一定時間内に変化した筋出力の変化量をそれに要した時間で除して算出する[48, 49, 66-69]。RFD の算出には様々な方法が存在するが、本研究では下肢筋力の測定で最も再現性の高い[70]とされる、20m 秒毎に RFD を算出する方法を用いた。筋出力の発生(7.5Nm の筋出力が発生した時点[64])から 20m 秒毎に RFD を算出し、その最大値を記録した。RFD 算出における模式図を図 14 に示す。

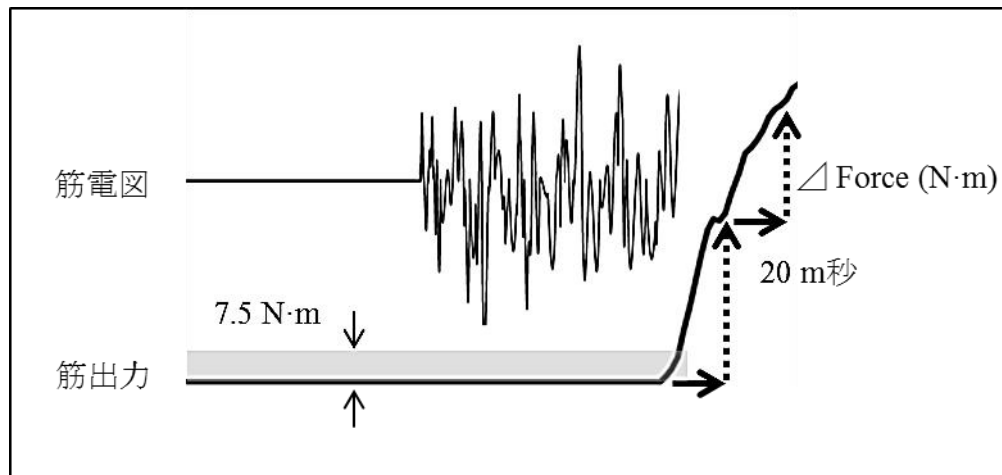


図 14：RFD(Rate of Force Development)の算出法に関する模式図  
筋出力が  $7.5\text{ N}\cdot\text{m}$  が観察された時点をもとに筋出力の発生と定義した。RFDは、筋出力が発生した時点から  $20\text{ m}$  秒毎に上昇した筋出力を除して算出し、その最大値を記録した。

### 3-2-3-3 積分筋電値および周波数解析を用いた筋電図解析

運動中の筋活動量を推定するために、積分筋電値(integrated EMG: iEMG)の算出および周波数解析による MPF(平均周波数)を算出した。筋電図測定には Biometrics 社製表面筋電図計(Biometrics Ltd., Cwmfelinfach, Gwent, UK)および DKH 社製 TRIAS 解析プログラム TRIAS System (DKH Ltd., Tokyo, Japan)を用い、被検筋は大腿直筋[71]とした。音刺激の信号, 筋電信号, 筋出力信号を同期させ,  $5$  から  $480\text{ Hz}$  のバンドパスフィルターを用いて AD 変換した後, サンプリング周波数  $1000\text{ Hz}$  でコンピューターに入力した。最大筋出力と同様に, 筋出力が発生してから  $500\text{ m}$  秒および  $5$  秒間の積分筋電値および MPF を算出した。MPF の算出には, 高速フーリエ変換を用いた。

### 3-2-3-4 仕事量(force-time integral: FTI)

Biodex System3 より得られたデータをもとに, 瞬発的筋発揮能力測定および運動負荷中に繰り返し実施した  $5$  秒間の IMVC における仕事量(force-time integral)を算出した。

### 3-2-4 運動負荷の方法

筋疲労を引き起こすことを目的に行った運動負荷は、Yeung[59]らの方法を参考に、5秒間のIMVCと5秒間の休息とを1セット(10秒間)とし、計30セット継続して行う運動負荷を実施した。その方法を図13のc)に示す。

### 3-2-5 鍼刺激および開眼座位安静による介入

本章の介入では、先行研究および前章で課題となった点を考慮し、測定試技動作の主動筋である大腿四頭筋に刺激を行った。大腿四頭筋周囲で、かつ先行研究[23]で用いられていた経穴や課題1のM-Testの方法において多く使用された経穴である胃経と脾経上(図9)の「血海(SP10)」、「箕門(SP11)」、「伏兔(ST32)」、「梁丘(ST34)」[72]に長さ0.6mmのセイリン社製パイオネックス(図1)を貼付した。「血海(SP10)」は内側広筋上に、「箕門(SP11)」は縫工筋と長内転筋の間に、「伏兔(ST32)」は外側広筋と大腿直筋の間に、「梁丘(ST34)」は外側広筋と大腿直筋腱の間にあるとされる経穴である。円皮鍼の貼付位置を図15に示す。貼付に要する時間は、5分間とした。円皮鍼は貼付したまま運動負荷およびその後の測定を行い、すべての測定が終了した後に取り除いた。

一方、コントロール群は開眼座位での安静を鍼刺激に要する時間と同じ5分間行った。

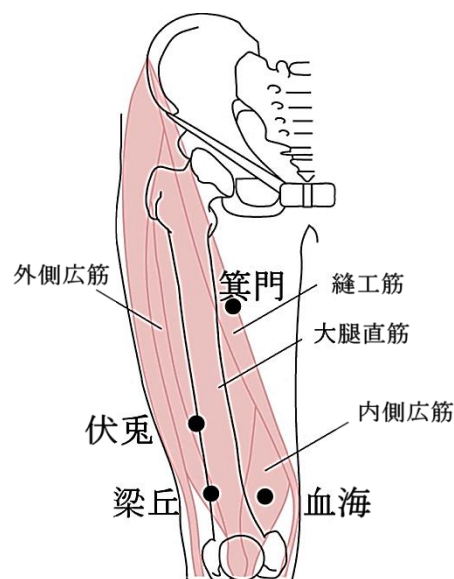


図 15：円皮鍼貼付位置



### 3-2-6 比較方法と統計処理

それぞれの測定項目において、介入前・介入後・運動負荷後の各 3 回の平均値を用いて比較した。介入前の測定値を **baseline** とし、**baseline** からの変化率を算出して比較した。

円皮鍼による介入がそれぞれの測定項目に影響を及ぼすかどうかについて、時間、介入方法の 2 要因分散分析を用いて確認した。また、群間比較に用いる 2 群比較には対応のない t 検定を用いた。5 秒間の IMVC における最大筋出力および仕事量(**force-time integral**)については、計 30 回の 5 秒間 IMVC を実施した運動負荷中の測定値における 3 回毎の平均値を算出し、事後検定に **Bonferroni** の方法による多重比較を用いた 2 要因分散分析を実施した。

統計処理には **SPSS22.0 for J** を用い、有意水準は 5% とした。

### 第 3 節 結果

#### 3-3-1 baseline(介入前)の群間差

baseline とした介入前では，すべての測定項目において両群間に有意な差はなかった(表 6)．

#### 3-3-2 最大筋出力

##### 3-3-2-1 筋出力発生(7.5N・m)時点から 500m 秒間の最大筋出力

2 要因分散分析の結果，有意な時間の主効果( $F(1.34, 40.06)=54.27$ ,  $p=0.01 < 0.05$ )がみられたが，介入( $F(1.00, 30.00)=3.74$ ,  $p=0.06$  n.s.)には有意な主効果がみられなかった．しかし，有意な交互作用( $F(2.00, 40.13)=3.29$ ,  $p=0.04 < 0.05$ )が認められた．運動負荷後，鍼刺激群の方が最大筋出力の低下が小さく，コントロール群と比較して有意に高値を示した．以上の結果を，表 6 と図 16 に示す．

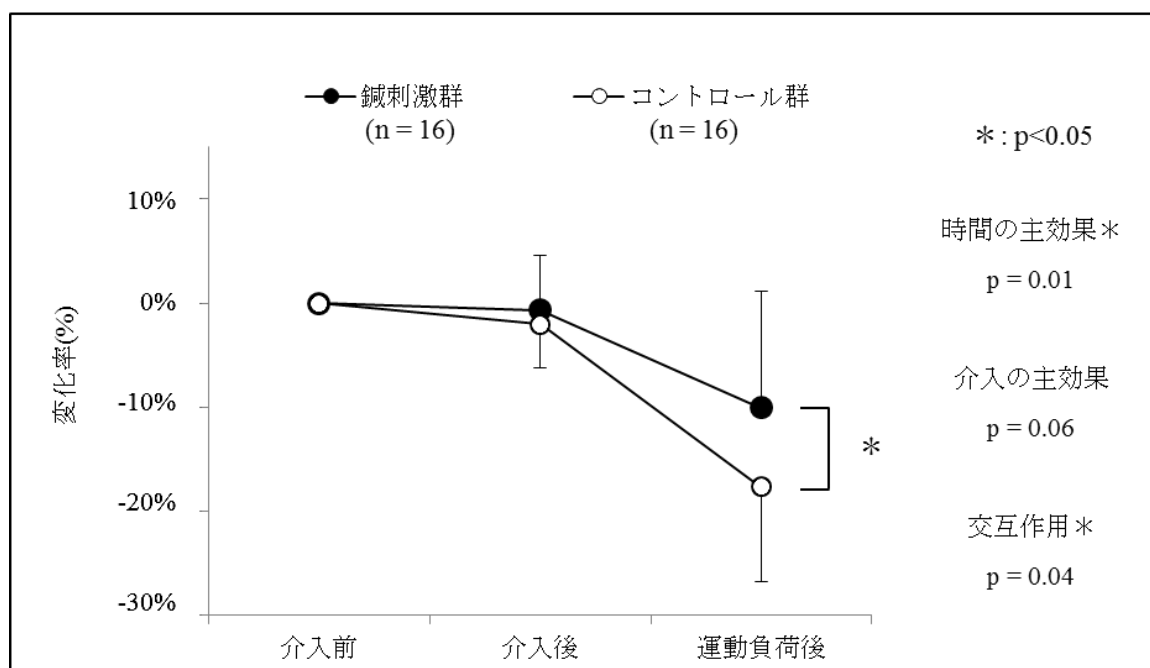


図 16：筋出力発生(7.5N・m)時点から 500m 秒間の最大筋出力の変動  
(研究課題 2)

### 3-3-2-2 IMVC5 秒間の最大筋出力

2 要因分散分析の結果，時間 ( $F(1.49, 44.61)=23.95$ ,  $p=0.01 < 0.05$ ) と介入 ( $F(1.00, 30.00)=6.54$ ,  $p=0.02 < 0.05$ ) に有意な主効果がみられた．また有意な交互作用 ( $F(1.49, 44.61)=3.62$ ,  $p=0.04 < 0.05$ ) が認められた．運動負荷後，鍼刺激群の方が最大筋出力の低下が小さく，コントロール群と比較して有意に高値を示した．以上の結果を，表 6 と図 17 に示す．

また，運動負荷中の 5 秒間の最大筋出力に関しては，計 30 回の 5 秒間 IMVC を実施した運動負荷中の測定値における 3 回毎の平均値を算出し，介入前・介入後・運動負荷後とともに比較した．2 要因分散分析の結果，時間 ( $F(3.56, 123.69)=31.34$ ,  $p=0.01 < 0.05$ ) に有意な主効果がみられたものの，介入 ( $F(1.00, 30.00)=0.45$ ,  $p=0.51$  n.s.) には有意な主効果がみられなかった．また交互作用 ( $F(4.12, 123.69)=1.40$ ,  $p=0.24$  n.s.) は有意でなかったが，各群において多重比較を行った結果，鍼刺激群は運動負荷中 28～30 回の平均値よりも有意に増加(回復)していたのに対して，コントロール群では有意な増加(回復)がみられず，鍼刺激群の最大筋出力はコントロール群と比較して有意に高値を示した．また，コントロール群の運動負荷後の最大筋出力は介入前と比較して有意に低値を示したが，鍼刺激群においては有意な差はみられなかった．以上の結果を図 18 に示す．

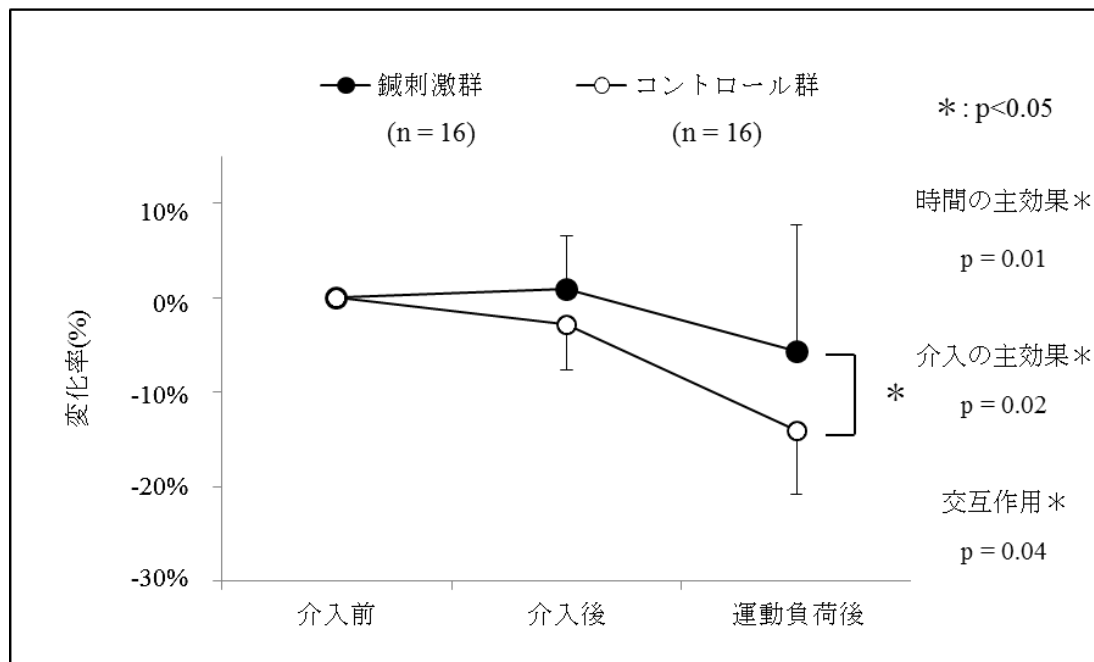


図 17 : IMVC5 秒間の最大筋出力の変動(研究課題 2)

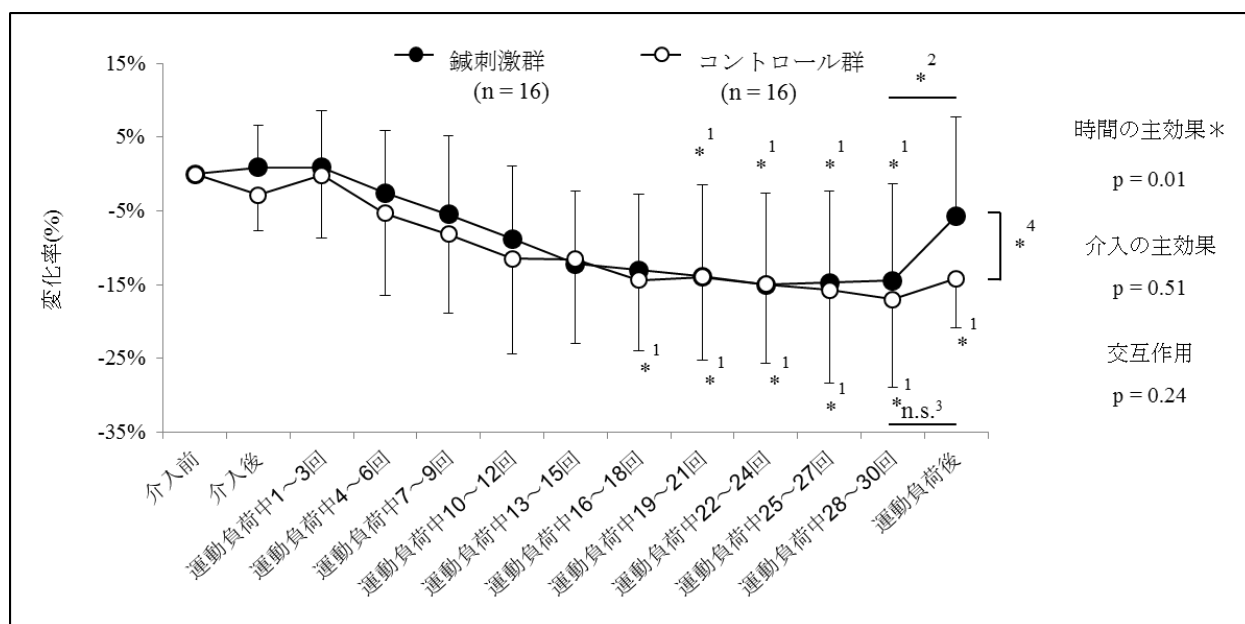


図 18: 運動負荷中を含む IMVC5 秒間の最大筋出力の変動(研究課題 2)

\*1:  $p < 0.05$ , 各群において介入前と比較した結果を示す

\*2:  $p < 0.05$ , 鍼刺激群において運動負荷中 28~30 回平均値と運動負荷後を比較した結果を示す

n.s.3: コントロール群において運動負荷中 28~30 回平均値と運動負荷後を比較した結果を示す

\*4:  $p < 0.05$ , 運動負荷後において両群間を比較した結果を示す

### 3-3-3 RFD (Rate of Force Development)

2 要因分散分析の結果，時間 ( $F(2.00, 60.00)=7.32, p=0.01 < 0.05$ ) と介入 ( $F(1.00, 30.00)=4.93, p=0.03 < 0.05$ ) に有意な主効果がみられたが，有意な交互作用 ( $F(2.00, 60.00)=1.96, p=0.06 \text{ n.s.}$ ) はみられなかった．運動負荷後，鍼刺激群の方が RFD の低下が小さく，コントロール群と比較して有意に高値を示した．以上の結果を，表 6 と図 19 に示す．

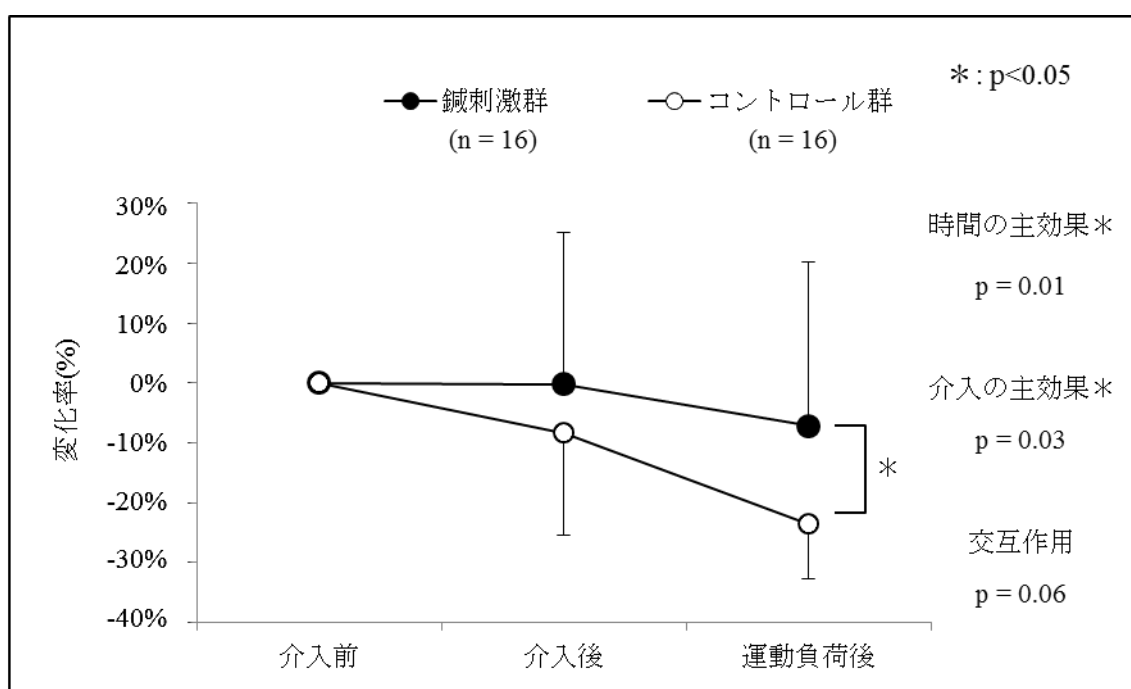


図 19 : RFD(Rate of Force Development)の変動(研究課題 2)

### 3-3-4 積分筋電図

#### 3-3-4-1 筋出力発生(7.5N・m)時点から 500m 秒間の積分筋電図

2 要因分散分析の結果，時間( $F(2.00, 60.00)=13.13$ ,  $p=0.01 < 0.05$ )と介入( $F(1.00, 30.00)=4.19$ ,  $p=0.04 < 0.05$ )に有意な主効果がみられた．しかし，有意な交互作用( $F(2.00, 60.00)=2.88$ ,  $p=0.06$  n.s.)はみられなかった．運動負荷後，鍼刺激群の方が 500m 秒間の積分筋電図の低下が小さく，コントロール群と比較して有意に高値を示した．以上の結果を，表 6 と図 20 に示す．

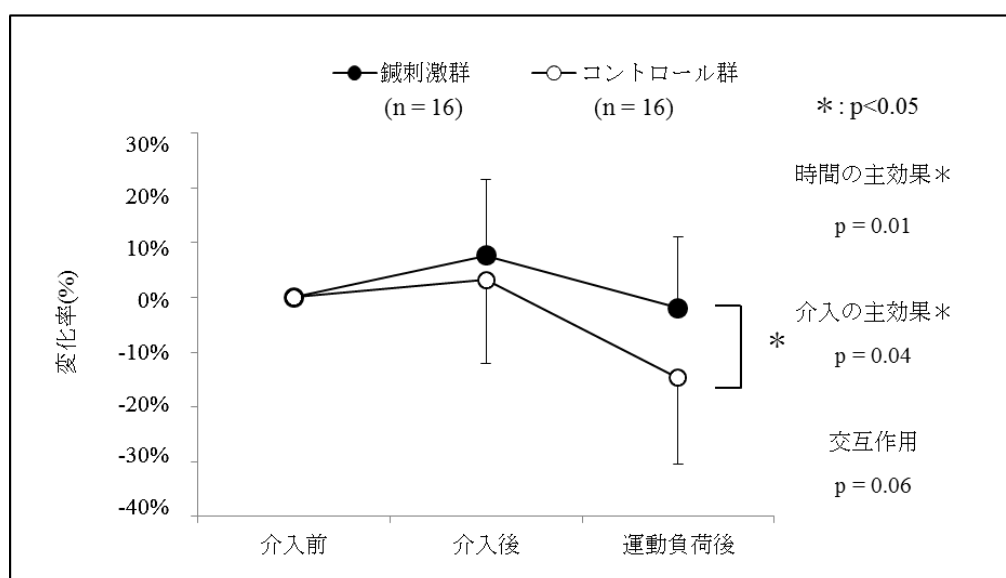


図 20：筋出力発生(7.5N・m)時点から 500m 秒間の積分筋電図の変動  
(研究課題 2)

### 3-3-4-2IMVC5 秒間の積分筋電図

2 要因分散分析の結果，有意な時間の主効果( $F(2.00, 60.00)=10.24$ ,  $p=0.01 < 0.05$ )がみられたが，介入( $F(1.00, 30.00)=2.26$ ,  $p=0.14$  n.s.)には有意な主効果がみられなかった．また，有意な交互作用( $F(2.00, 60.00)=3.66$ ,  $p=0.03 < 0.05$ .)が認められた．運動負荷後，鍼刺激群の方が 5 秒間の積分筋電図の低下が小さく，コントロール群と比較して有意に高値を示した．以上の結果を，表 6 と図 21 に示す．

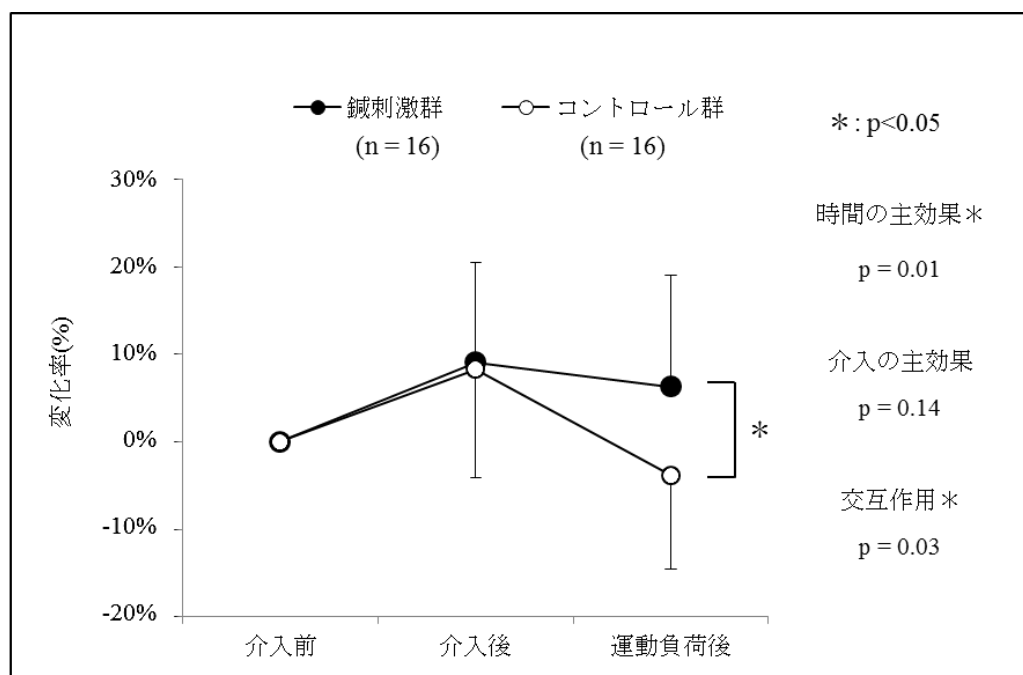


図 21 : IMVC5 秒間の積分筋電図の変動(研究課題 2)

### 3-3-5 MPF(Mean Power Frequency: 平均周波数)

#### 3-3-5-1 筋出力発生(7.5N・m)時点から 500m 秒間の MPF

2 要因分散分析の結果，時間( $F(2.00, 60.00)=17.04$ ,  $p=0.01 < 0.05$ )に有意な主効果がみられたものの，介入( $F(1.00, 30.00)=0.23$ ,  $p=0.64$  n.s.)には有意な主効果がみられなかった．有意な交互作用( $F(2.00, 60.00)=0.50$ ,  $p=0.61$  n.s.)も認められなかった．以上の結果を，表 6 と図 22 に示す．

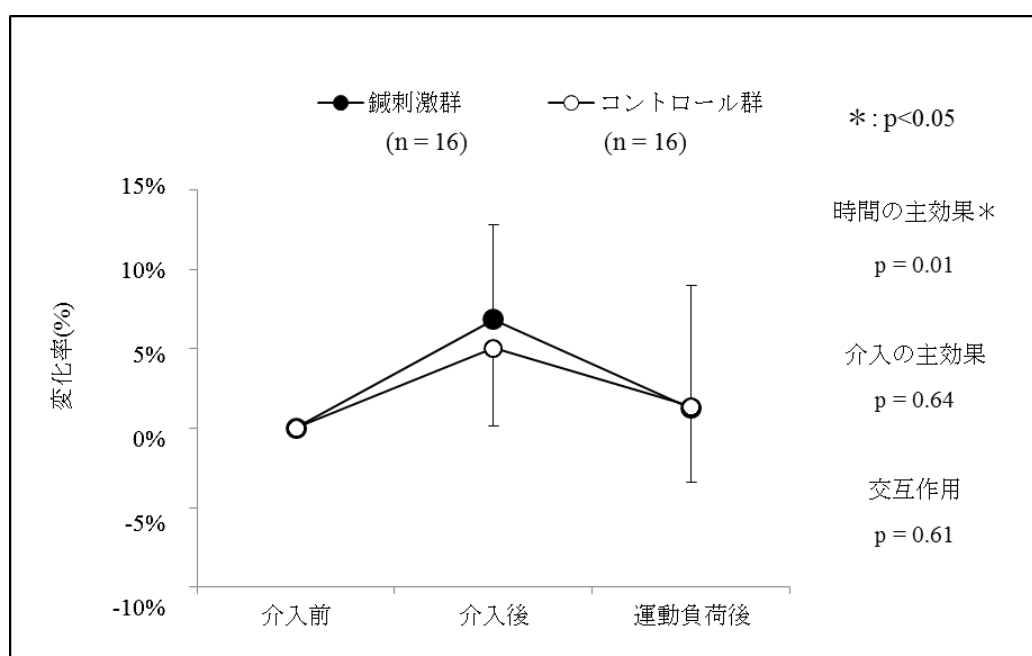


図 22：筋出力発生(7.5N・m)時点から 500m 秒間の MPF の変動  
(研究課題 2)



### 3-3-5-2IMVC5 秒間の MPF

2 要因分散分析の結果，時間 ( $F(1.29, 38.56)=11.45$ ,  $p=0.01 < 0.05$ ) に有意な主効果がみられたものの，介入 ( $F(1.00, 30.00)=0.57$ ,  $p=0.46$  n.s.) には有意な主効果がみられなかった．有意な交互作用 ( $F(1.29, 38.56)=0.16$ ,  $p=0.76$  n.s.) も認められなかった．以上の結果を，表 6 と図 23 に示す．

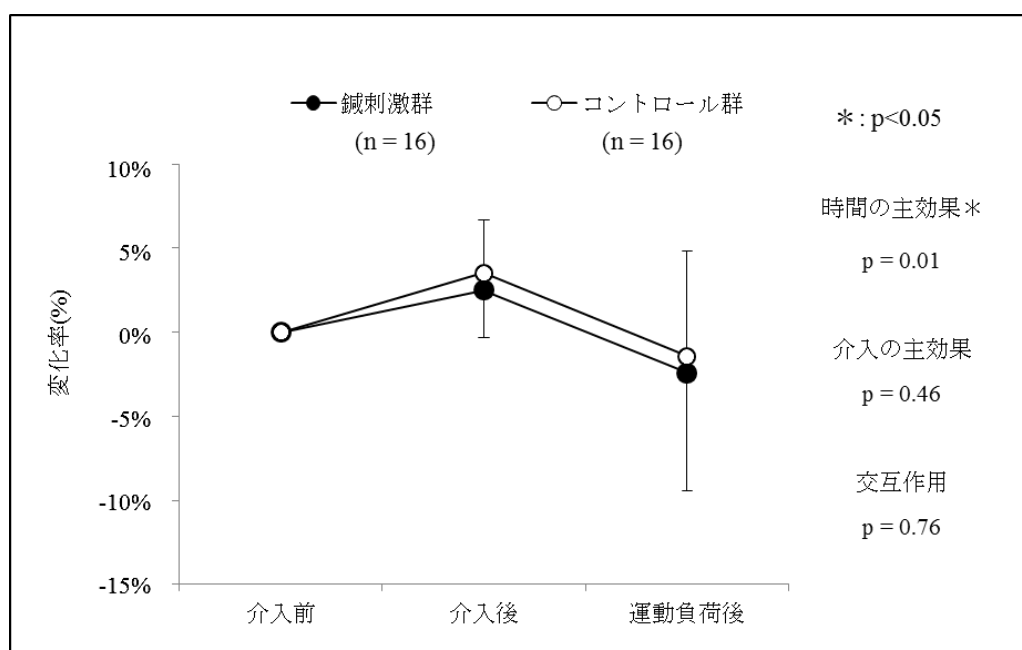


図 23 : IMVC5 秒間の MPF の変動 (研究課題 2)

### 3-3-6 仕事量(force-time integral: FTI)

2 要因分散分析の結果，時間( $F(1.55, 46.55)=24.26$ ,  $p=0.01 < 0.05$ )と介入( $F(1.00, 30.00)=5.83$ ,  $p=0.02 < 0.05$ )に有意な主効果がみられた．しかし，有意な交互作用( $F(1.55, 46.55)=2.82$ ,  $p=0.08$  n.s.)はみられなかった．運動負荷後，鍼刺激群の方が仕事量の低下が小さく，コントロール群と比較して有意に高値を示した．以上の結果を，表 6 と図 24 に示す．

また，計 30 回の 5 秒間 IMVC を実施した運動負荷中の仕事量における 3 回毎の平均値を算出し，介入前・介入後・運動負荷後とともに比較した．2 要因分散分析の結果，時間( $F(3.83, 123.69)=33.34$ ,  $p=0.01 < 0.05$ )に有意な主効果がみられたものの，介入( $F(1.00, 30.00)=0.12$ ,  $p=0.91$  n.s.)には有意な主効果はみられなかった．有意な交互作用( $F(3.83, 123.69)=1.54$ ,  $p=0.20$  n.s.)はみられなかったが，各群において多重比較を行った結果，鍼刺激群は運動負荷中 28～30 回の平均値よりも有意に増加(回復)していたのに対して，コントロール群には有意な増加(回復)がみられず，鍼刺激群の仕事量はコントロール群と比較して有意に高値を示した．また，コントロール群の運動負荷後の仕事量は，介入前と比較して有意に低値を示したが，鍼刺激群においては有意な低下はみられなかった．以上の結果を図 25 に示す．

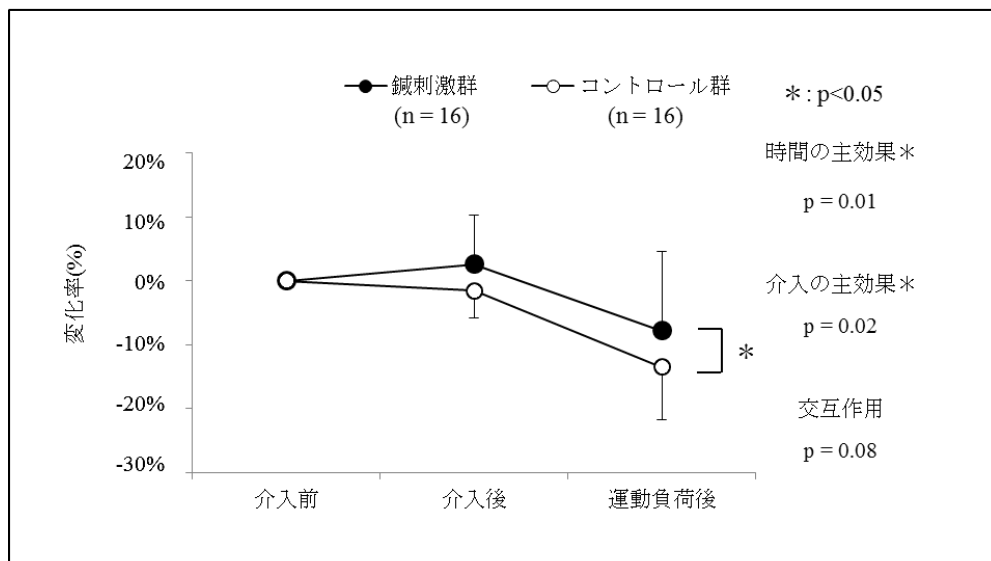


図 24 : 仕事量(force-time integral: FTI)の変動(研究課題 2)

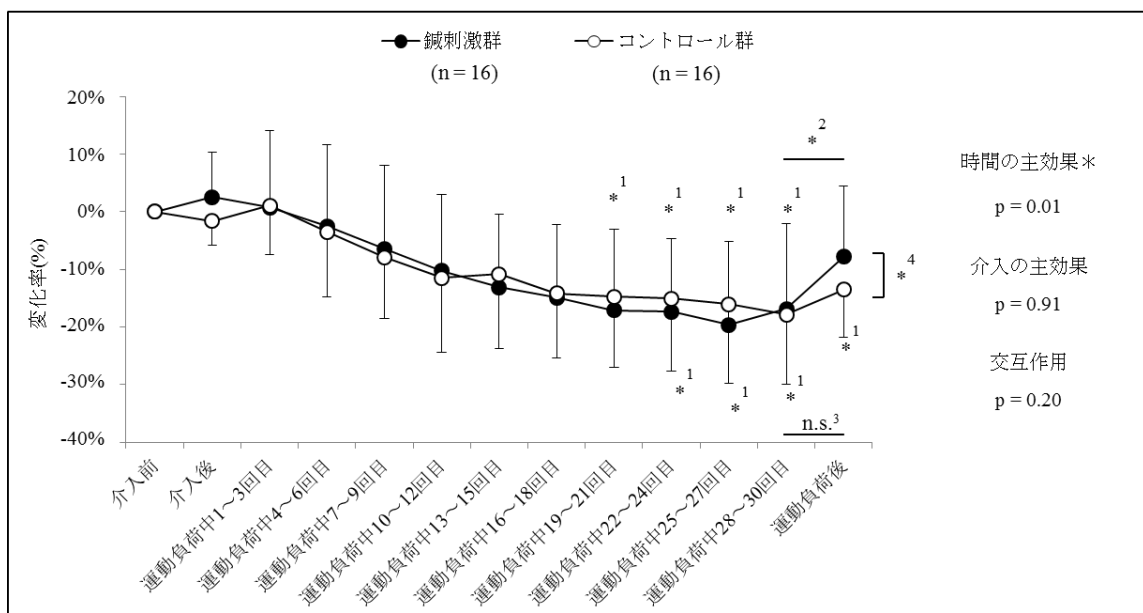


図 25 : 運動負荷中を含む仕事量(force-time integral: FTI)の変動  
(研究課題 2)

\*1: p < 0.05, 各群において介入前と比較した結果を示す

\*2: p < 0.05, 減刺激群において運動負荷中 28~30 回平均値と運動負荷後を比較した結果を示す

n.s.3: コントロール群において運動負荷中 28~30 回平均値と運動負荷後を比較した結果を示す

\*4: p < 0.05, 運動負荷後において両群間を比較した結果を示す

表 6：研究課題 2 における各測定項目の結果一覧

	介入前		介入後		運動負荷後		時間の主効果		介入の主効果		交互作用	
	鍼刺激群	コントロール群	鍼刺激群	コントロール群	鍼刺激群	コントロール群	F 値	p 値	F 値	p 値	F 値	p 値
500m 秒間の 最大筋出力(N・m)	212.72 ±46.09 (0.00 ±0.00%)	199.10 ±57.91 (0.00 ±0.00%)	211.79 ±43.21 (-0.66 ±5.18%)	194.31 ±53.66 (-2.02 ±4.20%)	191.47 ±43.81 (-10.05 ±11.17%)	162.73 ±46.05 (-17.65 ±9.10%)	5427*	001	374	006	382*	004
5 秒間の 最大筋出力(N・m)	227.32 ±45.36 (0.00 ±0.00%)	216.01 ±58.36 (0.00 ±0.00%)	228.59 ±42.65 (0.93 ±5.63%)	209.48 ±56.01 (-2.84 ±4.86%)	214.16 ±51.57 (-5.66 ±13.44%)	184.21 ±45.49 (-14.13 ±6.73%)	2394*	001	654*	002	361*	004
RFD (N・m / m 秒)	10.27 ±3.39 (0.00 ±0.00%)	9.13 ±3.01 (0.00 ±0.00%)	9.98 ±3.60 (-0.27 ±25.28%)	8.54 ±3.51 (-8.40 ±17.01%)	9.07 ±3.30 (-7.18 ±27.28%)	6.94 ±2.37 (-23.61 ±9.10%)	731*	001	493*	003	196	015
500m 秒間の 積分筋電値 (%MVC)	80.55 ±12.69 (0.00 ±0.00%)	84.37 ±12.53 (0.00 ±0.00%)	86.18 ±13.02 (7.63 ±14.00%)	85.84 ±10.85 (3.24 ±15.22%)	78.80 ±12.88 (-1.93 ±12.98%)	71.45 ±15.03 (-14.70 ±15.70%)	1313*	001	419*	004	288	006
5 秒間の 積分筋電値 (%MVC)	82.41 ±7.17 (0.00 ±0.00%)	84.30 ±9.50 (0.00 ±0.00%)	89.08 ±8.68 (9.10 ±11.33%)	90.48 ±7.51 (8.31 ±12.37%)	86.53 ±8.33 (-6.31 ±12.68%)	80.69 ±9.67 (-3.80 ±10.73%)	1024*	001	226*	014	366	008
500m 秒間の MPF (Hz)	77.48 ±9.24 (0.00 ±0.00%)	82.91 ±8.66 (0.00 ±0.00%)	82.64 ±9.94 (6.84 ±5.98%)	86.95 ±8.60 (5.04 ±4.90%)	75.37 ±14.08 (1.26 ±7.75%)	82.26 ±11.21 (1.34 ±4.76%)	1704*	001	023	064	050	061
5 秒間の MPF (Hz)	84.67 ±8.02 (0.00 ±0.00%)	86.42 ±7.31 (0.00 ±0.00%)	86.73 8.06 (2.49 ±2.81%)	89.47 ±8.14 (3.53 ±3.17%)	82.59 ±9.29 (-2.41 ±7.01%)	85.28 ±9.94 (-1.45 ±6.29%)	1150*	001	057	046	016	076
仕事量 (N・m×秒)	978.57 ±201.81 (0.00 ±0.00%)	906.12 ±267.49 (0.00 ±0.00%)	997.42 ±173.11 (2.53 ±7.79%)	890.48 ±256.71 (-1.56 ±4.32%)	921.01 ±225.17 (-5.74 ±12.35%)	781.39 ±234.17 (-13.51 ±8.28%)	2427*	001	583*	002	282	008

実測値と baseline(介入前)からの変化率を示す(平均値 ± 標準偏差)

\* p &lt; 0.05, RFD rate of force development, MVC maximal voluntary contraction MPF Mean Power Frequency

#### 第 4 節 考察

本章では，主動筋への円皮鍼刺激を予め実施し，円皮鍼を貼付したまま運動することが筋疲労による瞬発的筋力発揮能力低下に及ぼす影響について検討した．

すばやい動作を行う際にその最大筋出力が発生するとされる 500m 秒間の最大筋出力では，有意な円皮鍼介入の主効果はみられなかったが，有意な交互作用がみられ，運動負荷後には鍼刺激群の方が有意に高値を示した(図 16)．5 秒間の最大筋出力では，有意な円皮鍼介入の主効果と交互作用がみられ，運動負荷後には鍼刺激群の方が有意に高値を示した(図 17)．仕事量(force-time integral: FTI)に関しては，5 秒間の最大筋出力と同様の，有意な円皮鍼介入の主効果と交互作用がみられ，運動負荷後には鍼刺激群の方が有意に高値を示した(図 24)．このことから，円皮鍼刺激は最大筋出力や仕事量といった筋出力の低下を抑制することが示唆された．立ち上がり率・増加率を示し筋収縮速度に類似した指標とされる RFD に関しても，円皮鍼介入の有意な主効果がみられ，運動負荷後に鍼刺激群の方が有意に高値を示した(図 19)．これらのことより，円皮鍼刺激は，最大筋出力や最大筋収縮速度[44]，仕事量の低下[45]と定義される筋疲労を抑制できる可能性があると考えられる．また，運動負荷中の最大筋出力と仕事量の変化では，鍼刺激群の運動終了後は運動負荷終了直前の 28 から 30 回目から有意に増加(回復)しており，その増加(回復)はコントロール群にはみられず鍼刺激群の方が有意に高値を示していた(図 18, 図 25)．有意な交互作用がみられなかったことから結果の解釈には限界が伴うが，円皮鍼刺激が疲労により低下した筋出力の回復を促進する可能性があると考えられる．

最大筋出力や RFD は，動員される運動単位と発火頻度に影響されている[73, 74]が，本章では 500m 秒間の積分筋電値において有意な円皮鍼介入の主効果と運動負荷後の有意な群間差を観察し(図 20)，5 秒間の積分筋電値においては有意な介入の主効果はみられなかったが，有意な交互作用と運動負荷後の有意な群間差を観察しており(図 21)，円皮鍼が運動負荷による筋放電量の低下を抑制することが示唆された．これまでに，鍼刺激(毫鍼)は筋放電量増加を引き起こし，筋の活動に影響を及ぼすことが報告されている[16]ほか，本章と同様の先行研究においても，円皮

鍼刺激による筋疲労時の筋放電量低下の抑制を観察し、その効果を発火頻度の増加や同期化による運動単位の増加によるものと考察されている[24, 54, 57]。このことから、本章で観察された円皮鍼による最大筋出力および RFD の低下抑制は、筋疲労によって引き起こされる運動単位動員数の減少や発火頻度の低下が抑制されたことによる効果と考えられ、円皮鍼は筋疲労による筋放電量低下を抑制する可能性があると考えられる。しかし、その機序については明らかにされておらず筋活動に対する円皮鍼の影響については推察の域を脱しない。さらには、円皮鍼の貼付と筋電図電極添付の位置が同じであったため、筋電図測定には大腿直筋のみを使用していることや周波数解析においては同様の変化を観察することができなかったことから、これらの結果の解釈には限界が伴う。

その他、筋に対する鍼刺激の効果の機序として、局所の血流増加反応があげられる。本章では測定試技の主動筋である大腿四頭筋に対する円皮鍼刺激を実施したが、局所への鍼刺激の効果については、無髄 C 線維を求心路とした軸索反射によって放出された CGRP(カルシトニン遺伝子関連ペプチド)などの血管拡張物質が引き起こす筋血流量の増加によるものとされている[42-44]。しかし、先行研究で検証されたこの作用機序は、毫鍼と呼ばれる鍼を筋中まで深く刺した場合に観察されたものであり、本研究で使用した長さ 0.6mm の円皮鍼による刺激とは異なると考えられる。鍼先が皮膚組織で留まる円皮鍼の作用機序に関する報告は多くないが、後藤らは従来使用されている毫鍼を筋中まで刺さずに、円皮鍼のように皮膚に留めた場合でも皮膚 C 線維侵害受容器の興奮・発射を微小神経電図により観察している[75]。また近年、円皮鍼を貼付した場合でも C 線維侵害受容器の興奮・発射を確認したと報告されている[76]。さらに、Hotta ら[77]は長さ 0.3mm の突起が付いた樹脂製の機器にて皮膚を刺激することで、C 線維侵害受容器の興奮を観察している。以上のことから、皮膚への微細な刺激であっても筋中まで深く刺す毫鍼を用いた場合と同様に、C 線維侵害受容器興奮による軸索反射が起こり、局所循環の改善が生じると考えられ、本章で得られた結果に関してもこれと同様の機序による効果ではないかと推察される。本章で実施した IMVC のような高強度運動時にみられる筋疲労は、筋収縮に必要なエネ

ルギー源である ATP の減少と ATP 再合成に必要なクレアチンリン酸の減少によるものとされている [78]ほか,  $H^+$ の増加と蓄積による pH の低下とされている [79, 80]. また, 運動負荷が引き起こす最大筋出力の低下は局所の循環血流量と深く関係し、運動中の血流循環不全による  $H^+$ などの筋内代謝物の蓄積増加が筋疲労時の筋力低下の要因となると報告されている [81]. 等尺性の運動では, 50~60%IMVC 以上の強度で血流は遮断され, 血流の循環不全が生じるとされており [82-84], 本研究で計 30 回繰り返し実施した 5 秒間 IMVC は血流循環不全を引き起こし,  $H^+$ の増加と蓄積による pH の低下が生じたと考えられる. また, Nelson ら [80]によると, 筋内 pH の低下による筋出力の低下は特に type II b 線維での低下が著しいとされ, 瞬発的筋力発揮能力となる最大筋出力およびに最大筋収縮速度の低下が生じると予測される. 以上のことから, 前述した最大筋出力, RFD, 仕事量の低下抑制や回復の促進効果は, 円皮鍼による血流循環の改善がひとつの要因となると考えられる. 図 26 に示すような筋疲労の機序に対して, 円皮鍼が局所の循環を改善することで青色の矢印で示した機序が抑制され, その結果, 筋疲労(瞬発的筋力発揮能力の低下)を抑制するのではないかと考えられる. しかし, これらの機序に関する考察は推察の域を脱しない.

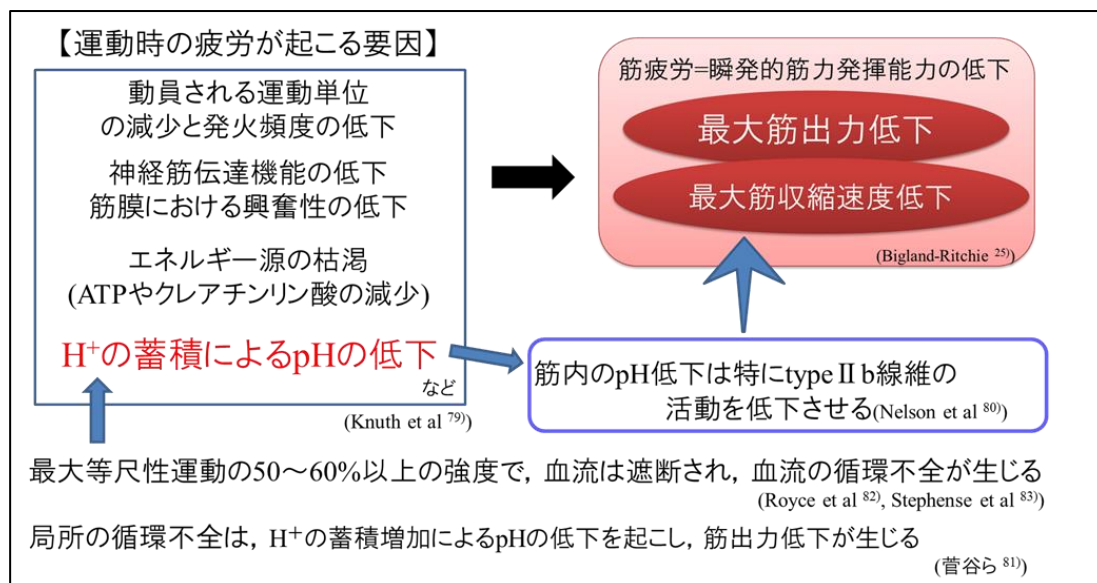


図 26: 等尺性運動における筋疲労の起こる機序

本章では，主動筋への円皮鍼刺激を予め実施し，円皮鍼を貼付したまま運動することで運動負荷による筋疲労を抑制する効果および疲労状態からの回復を促進する効果を観察することができた．先行研究のように主動筋以外の遠隔部への円皮鍼刺激・貼付では，医学的な専門知識が必要であるが，本章により主動筋への円皮鍼刺激が先行研究と同様，筋疲労の抑制，回復促進の効果を有することが明らかとなり，医学に関する専門的知識を有しない一般スポーツ選手にとってもパフォーマンス向上を目的に円皮鍼を簡便に利用できると期待される．スポーツ現場での具体的な応用としては，試合やトレーニングの際に事前に円皮鍼を貼付することで筋疲労によるパフォーマンス低下の抑制や効率の良いトレーニングの実施を可能にすると考えられる．特に，高強度の運動を短時間の休息をはさみながら繰り返し実施する間欠的高強度運動を必要とする競技種目においてその効果が期待される．

しかし，これらの結果には，鍼を受けたことによる満足感や思い込みといったプラセボ効果が含まれている可能性がある．そこで，次章では，プラセボ効果を除外した二重盲検比較試験を用いて検討する．



## 第 5 節 本章のまとめ

本章では，主動筋への円皮鍼刺激を予め実施し，円皮鍼を貼付したまま運動することが最大筋出力や RFD といった瞬発的筋力発揮能力の筋疲労による低下に対してどのような影響を及ぼすか検討した．その結果，円皮鍼は最大筋出力，RFD，仕事量，積分筋電値の筋疲労による低下を抑制することが示唆された．円皮鍼の瞬発的筋力発揮能力に対する筋疲労抑制効果について検討した先行研究で課題であった刺激部位という観点で，本章の結果から，医学的な専門知識を有しない一般スポーツ選手であっても，運動に使われる主動筋へ円皮鍼を貼付し，簡便にパフォーマンス向上とした円皮鍼の利用を可能とすると考えられる．

しかし，これらの結果には，鍼を受けたことによる満足感や思い込みといったプラセボ効果が含まれている可能性がある．そこで，次章では，プラセボ効果を除外した二重盲検比較試験を用いて検討する．

## 第4章 円皮鍼を用いた主動筋への刺激が筋疲労による瞬発的筋力発揮能力低下に及ぼす影響－二重盲検比較試験を用いた検討－

### 第1節 目的

前章までに観察された瞬発的筋出力発揮能力に対する主動筋への円皮鍼刺激の効果を検討するにあたり，鍼を受けたことによる満足感や思い込みといった心理的影響であるプラセボ効果を取り除いた条件で比較検討する必要がある．

本章の目的は，主動筋への円皮鍼刺激を予め実施し，円皮鍼を貼付したまま運動することが筋疲労による瞬発的筋力発揮能力低下に及ぼす影響について二重盲検比較試験を用いて明らかにすることである．

## 第 2 節 研究方法

### 4-2-1 対象者および研究デザイン

対象者は、外傷や障害を有しない健常成人男性とした。対象者の特性を表 7 に、被験者が過去に実施していた競技種目とその競技歴を表 8 に示す。また、すべての被験者は鍼治療を経験したことのある者とした。予備実験から算出されたサンプルサイズ 26 名を対象とし、Microsoft Excel にて発生させた乱数を用いて 26 名を鍼のある円皮鍼で刺激する真鍼群 13 名と真鍼と外見上は全く同じであるが鍼だけ除去したプラセボ鍼で刺激するプラセボ鍼群 13 名との 2 群に無作為割付けを行い、比較検討した。割付けに関しては、測定実施者および円皮鍼を対象者に貼付する介入実施者とは別の第 3 者が、被験者の過去に実施していた競技種目を基に層別無作為割付けを実施した。全対象者に本研究への内容を十分に説明し書面により参加の同意を得た。割付けられた 26 名の全対象者のうち、真鍼群 1 名(割付け後に参加拒否)、プラセボ鍼群 2 名(1 名割付け後に参加拒否、1 名理由不明)、計 3 名が脱落となり、実際の対象者は真鍼群 12 名、プラセボ鍼群 11 名であった。対象者の特性において、両群に有意な差はみられなかった。なお、本研究は筑波大学研究倫理審査委員会(体 25-62 号)の承認を得て実施した

表 7：研究課題 3 の対象者特性

	真鍼群 (n = 12)	プラセボ鍼群 (n = 11)
年齢(歳)	24.03 ± 2.50	24.75 ± 2.01
身長(cm)	173.6 ± 2.52	171.0 ± 4.56
体重(kg)	67.62 ± 7.42	67.69 ± 11.62
等尺性最大筋出力(Nm)	218.24 ± 48.24	226.48 ± 57.22
体重で補正した 等尺性最大筋出力(Nm/kg)	3.22 ± 0.59	3.39 ± 0.71
RFD(Nm/m秒)	8.02 ± 3.45	6.69 ± 1.56

平均値 ± 標準偏差, *RFD* ; Rate of Force Development

表 8：研究課題 3 の対象者の競技歴

	真鍮群 (n = 12)	プラセボ鍮群 (n = 11)
野球	2	2
サッカー	4	6
バレーボール	2	1
バスケットボール	1	1
硬式テニス	1	0
アメリカンフットボール	1	0
柔道	0	1
レスリング	1	0
計	12	11
競技歴(年)	10.46 ± 2.54	10.36 ± 2.29

平均値 ± 標準偏差

#### 4-2-2 測定プロトコル

本章での測定実施のプロトコルは，第 3 章で実施したものと同様である．

測定プロトコルを図 13 の a) (第 3 章内) に示す．まずウォーミングアップとして，50W に負荷を設定した自転車エルゴメーターにて，ペダル回転数 60rpm で 10 分間ペダリングさせた後，実際の測定試技を 3 回実施させた．ウォーミングアップ終了後，1 回目(介入前)の瞬発的筋力発揮能力を測定した．測定終了後，鍮刺激群は 5 分間で円皮鍮を貼付し，コントロール群は座位開眼安静を 5 分間行った．円皮鍮貼付もしくは安静終了後，2 回目(介入後)の瞬発的筋力発揮能力を測定し．運動負荷を行った．負荷終了後，3 回目(運動負荷後)の瞬発的筋力発揮能力を測定した．3 回目(運動負荷後)の測定は，運動負荷終了 2 分後に開始した．

#### 4-2-3 瞬発的筋発揮能力の測定

瞬発的筋力発揮能力を測定に関しても第 3 章と同じ方法を用いた．

音刺激に対する反応動作を測定した．その運動様式は，Yeung[59]らの方法を参考に，右膝関節伸展動作における IMVC とした．対象者を Biodex

System3 に座らせ，上部部・腰部・下腿をシートベルトで固定した．股関節は 90 度，膝関節は屈曲位 80 度とし，対象者は 1.0m 前方に設置されたブザーから音が聞こえたら最大努力でできる限り素早く強く膝を伸展する動作を開始し，ブザーが鳴りやむまでの 5 秒間継続して IMVC を行うように指示をした．5 秒間の IMVC は，20 秒の休息時間をはさんだ 3 回の実施を 1 セットとし，後述する実験プロトコルの各タイミングで計 3 セット実施した(図 13 の b))．

以上の測定試技を用いて，以下のものを測定項目として算出した．測定項目は第 3 章と同様であるが，以下に再度記す．

#### 4-2-3-1 最大筋出力

先行研究[64]を参考に 7.5Nm の筋出力が発生した時点を筋出力の発生と定義した．また，すばやい動作を行う際に発生する最大筋出力は，動作開始から約 400 から 600m 秒の間に観察される[65]ため，本研究では筋出力が発生(7.5Nm に達した時点)してから 500m 秒の間に観察される最大筋出力を記録した．また，瞬発的筋発揮能力の測定では IMVC を 5 秒間実施するため，この 5 秒間に観察される最大筋出力に関しても記録した．筋出力の測定には Biodex System3 を用いた．

#### 4-2-3-2 RFD(Rate of Force Development)

RFD は，立ち上がり率・増加率を示し，一定時間内に変化した筋出力の変化量をそれに要した時間で除して算出する[48, 49, 66-69]．RFD の算出には様々な方法が存在するが，本研究では下肢筋力の測定で最も再現性の高い[70]とされる，20m 秒毎に RFD を算出する方法を用いた．筋出力の発生(7.5Nm の筋出力が発生した時点[64])から 20m 秒毎に RFD を算出し，その最大値を記録した．RFD 算出における模式図を図 14(第 3 章内)に示す．

#### 4-2-3-3 積分筋電値および周波数解析を用いた筋電図解析

運動中の筋活動量を推定するために，積分筋電値(integrated EMG: iEMG)の算出および周波数解析による MPF(平均周波数)を算出した．筋電図測定には Biometrics 社製表面筋電図計(Biometrics Ltd., Cwmfelinfach, Gwent, UK)および DKH 社製 TRIAS 解析プログラム TRIAS System (DKH Ltd., Tokyo, Japan)を用い，被検筋は大腿直筋[71]とした．音刺激の信号，筋電信号，筋出力信号を同期させ，5 から 480Hz のバンドパスフィルターを用いて AD 変換した後，サンプリング周波数 1000Hz でコンピューターに入力した．最大筋出力と同様に，筋出力が発生してから 500m 秒および 5 秒間の積分筋電値および MPF を算出した．MPF の算出には，高速フーリエ変換を用いた．

#### 4-2-3-4 仕事量(force-time integral: FTI)

Biodex System3 より得られたデータをもとに，瞬発的筋発揮能力測定および運動負荷中に繰り返し実施した 5 秒間の IMVC における仕事量(force-time integral)を算出した．

#### 4-2-4 運動負荷の方法

筋疲労を引き起こすことを目的に行った運動負荷は，Yeung[59]らの方法を参考に，5 秒間の IMVC と 5 秒間の休息とを 1 セット(10 秒間)とし，計 30 セット継続して行う運動負荷を実施した．その方法を図 13 の c)(第 3 章内)に示す．

#### 4-2-5 鍼刺激および開眼座位安静による介入

本章の介入で用いた円皮鍼は，セイリン社製パイオネックス(図 1)で長さ 0.6mm の鍼がついた真鍼と真鍼と外見上はまったく同じであるが鍼の部分だけ除去されたプラセボ鍼とした．使用する全ての円皮鍼は 1 つずつ同型のパッケージに密封され，それぞれには番号が記載された状態で保管された．円皮鍼の貼付は，測定実施者とは異なる介入実施者が

行い、貼付の際に介入実施者は鍼の有無を確認しないこととし、調査期間中はいずれの者に対しても割付けの結果を知らせることはなかった。よって本章の介入は、対象者、測定実施者および介入実施者がどちらの鍼で刺激しているか知りえない状況下で実施された。

第3章同様に、測定試技動作の主動筋である大腿四頭筋に刺激を行った。大腿四頭筋周囲で、かつ先行研究[23]で用いられていた経穴や課題1のM-Testの方法において多く使用された経穴である胃経と脾経上(図9)の「血海(SP10)」、「箕門(SP11)」、「伏兎(ST32)」、「梁丘(ST34)」[72]に真鍼もしくはプラセボ鍼を貼付した。「血海(SP10)」は内側広筋上に、「箕門(SP11)」は縫工筋と長内転筋の間に、「伏兎(ST32)」は外側広筋、大腿直筋上に、「梁丘(ST34)」は外側広筋と大腿直筋腱の間にあるとされる経穴である。円皮鍼の貼付位置を図15(第3章内)に示す。貼付に要する時間は、5分間とした。円皮鍼は貼付したまま運動負荷およびその後の測定を行い、すべての測定が終了した後に取り除いた。

#### 4-2-6 貼付された円皮鍼に関する質問

対象者に対して正しく盲検化がなされたかどうかについて、自記式質問紙を用いて調査した。対象者は、「貼付された円皮鍼はどちらの鍼だと感じましたか(質問1)」、「鍼が刺さった感覚がありましたか(質問2)」について、「1.真鍼を貼付された・はい」、「2.プラセボ鍼を貼付された・いいえ」、「3.わからない」のいずれかで回答した。

#### 4-2-7 比較方法と統計処理

それぞれの測定項目において、介入前・介入後・運動負荷後の各3回の平均値を用いて比較した。介入前の測定値を **baseline** とし、**baseline** からの変化率を算出して比較した。

円皮鍼による介入がそれぞれの測定項目に影響を及ぼすかどうかについて、時間、介入方法の2要因分散分析を用いて確認した。群間比較に用いる2群比較には対応のないt検定を用いた。また、5秒間のIMVCにおける最大筋出力および仕事量(force-time integral)については、計30

回の 5 秒間 IMVC を実施した運動負荷中の測定値における 3 回毎の平均値を算出し，事後検定に Bonferroni の方法による多重比較を用いた 2 要因分散分析を実施した．

自記式質問用紙の回答については，Fisher の確率検定を用いて両群の比率を比較した．

課題 2 で得た鍼刺激群，コントロール群のデータを課題 3 と統合し，鍼刺激群(真鍼群)，コントロール群，プラセボ鍼群の 3 群で比較を行った．比較には，運動負荷後のデータを用いて 1 元配置分散分析を行い，事後検定には tukey を用いた多重比較を行った．

統計処理には SPSS22.0 を用い，有意水準は 5% とした．



### 第 3 節 結果

#### 4-3-1 貼付された円皮鍼に関する質問

盲検化が正しく行われたかどうか検討するために実施した自記式質問票の結果を表 9 に示す。

「貼付された円皮鍼はどちらの鍼だと感じましたか」という質問 1 に対して、真鍼群(n=12)の 6 名(50%)は「真鍼を貼付された」、2 名(17%)は「プラセボ鍼を貼付された」、4 名(33%)は「わからない」と回答した。プラセボ鍼群(n=11)は、6 名(55%)は「真鍼を貼付された」、4 名(36%)は「プラセボ鍼を貼付された」、1 名(9%)は「わからない」と回答した。以上の結果について、両群の回答の比率に有意な差はなかった( $p=0.638$ )。

「鍼が刺さった感覚がありましたか」という質問 2 に対して、真鍼群(n=12)の 6 名(50%)は「はい」、5 名(42%)は「いいえ」、1 名(8%)はわからないと回答した。プラセボ鍼群(n=11)は、4 名(36%)は「はい」、7 名(64%)は「いいえ」、0 名(0%)はわからないと回答した。以上の結果について、両群の回答の比率に有意な差はなかった( $p=0.670$ )。

表 9：真鍼もしくはプラセボ鍼を貼付された際の感覚に対する  
質問の回答(研究課題 3)

質問1.貼付された円皮鍼はどちらの鍼だと感じましたか。				
	真鍼	プラセボ鍼	わからない	計
真鍼群(n=12)	6	2	4	12
プラセボ鍼群(n=11)	6	4	1	11
計	12	6	5	23

質問2.鍼が刺さった感覚がありましたか。				
	はい	いいえ	わからない	計
真鍼群(n=12)	6	5	1	12
プラセボ鍼群(n=11)	4	7	0	11
計	10	12	1	23

質問1においては、回答の比率に有意差はなかった(Fisherの正確確率検定,  $p=0.638$ ).  
質問2においては、回答の比率に有意差はなかった(Fisherの正確確率検定,  $p=0.670$ ).

#### 4-3-2 baseline(介入前)の群間差

baseline とした介入前では，すべての測定項目において両群間に有意な差はなかった(表 10)．

#### 4-3-3 最大筋出力

##### 4-3-3-1 筋出力発生(7.5N・m)時点から 500m 秒間の最大筋出力

2 要因分散分析の結果，有意な時間の主効果( $F(2.00, 42.00)=41.28$ ,  $p=0.01 < 0.05$ )がみられたものの，介入( $F(1.00, 21.00)=4.10$ ,  $p=0.06$  n.s.)に有意な主効果はみられなかった．しかし，有意な交互作用( $F(2.00, 42.00)=3.68$ ,  $p=0.03 < 0.05$ )が認められた．運動負荷後，真鍮群の方が最大筋出力の低下が小さく，プラセボ鍮群と比較して有意に高値を示した．以上の結果を，表 10 と図 27 に示す．

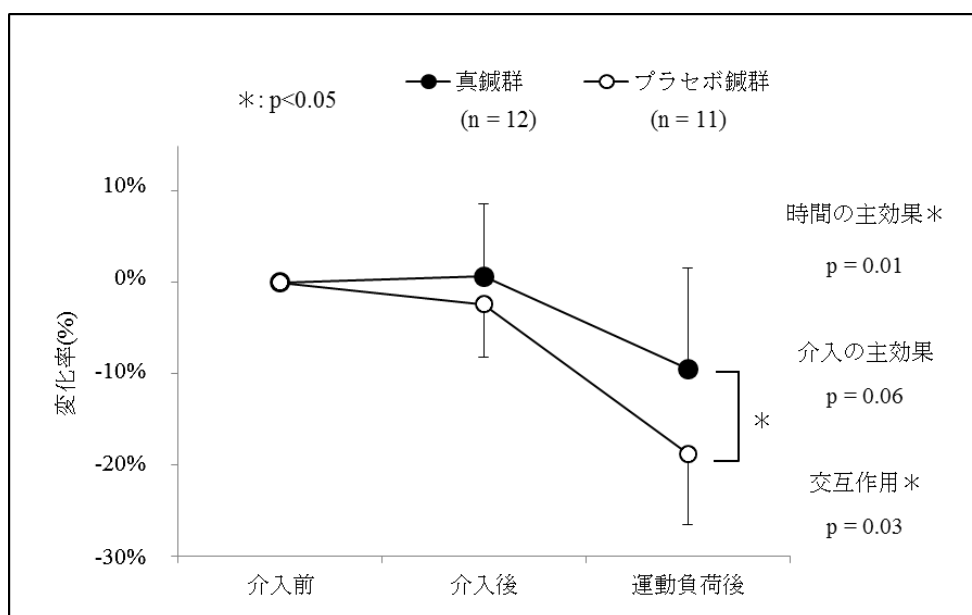


図 27：筋出力発生(7.5N・m)時点から 500m 秒間の最大筋出力の変動  
(研究課題 3)

#### 4-3-3-2 IMVC5 秒間の最大筋出力

2 要因分散分析の結果，時間 ( $F(1.49, 30.80)=31.47$ ,  $p=0.01 < 0.05$ ) と介入 ( $F(1.00, 21.00)=8.50$ ,  $p=0.01 < 0.05$ ) に有意な主効果がみられた．また有意な交互作用 ( $F(1.49, 30.80)=4.72$ ,  $p=0.03 < 0.05$ ) が認められた．運動負荷後，真鍮群の方が最大筋出力の低下が小さく，プラセボ鍮群と比較して有意に高値を示した．以上の結果を，表 10 と図 28 に示す．

また，IMVC5 秒間の最大筋出力に関しては，計 30 回の 5 秒間 IMVC を実施した運動負荷中の測定値における 3 回毎の平均値を算出し，介入前・介入後・運動負荷後とともに比較した．2 要因分散分析の結果，時間 ( $F(3.26, 68.40)=45.20$ ,  $p=0.01 < 0.05$ ) に有意な主効果がみられたものの，介入 ( $F(1.00, 21.00)=2.17$ ,  $p=0.16$  n.s.) に有意な主効果はみられなかった．また，有意な交互作用 ( $F(3.26, 68.40)=1.10$ ,  $p=0.36$  n.s.) はみられなかったが，各群において多重比較を行った結果，両群ともに負荷中有意な最大筋出力の低下がみられたものの，プラセボ鍮群にのみその低下が継続し，鍮刺激群よりも有意に低値を示した．以上の結果を，図 29 に示す．

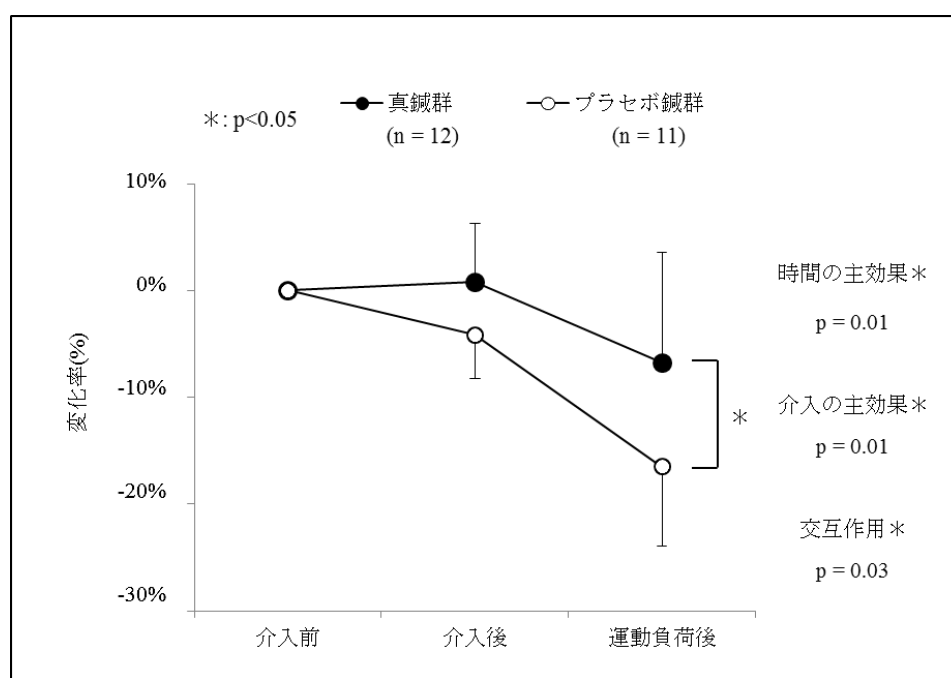


図 28 : IMVC5 秒間の最大筋出力の変動(研究課題 3)

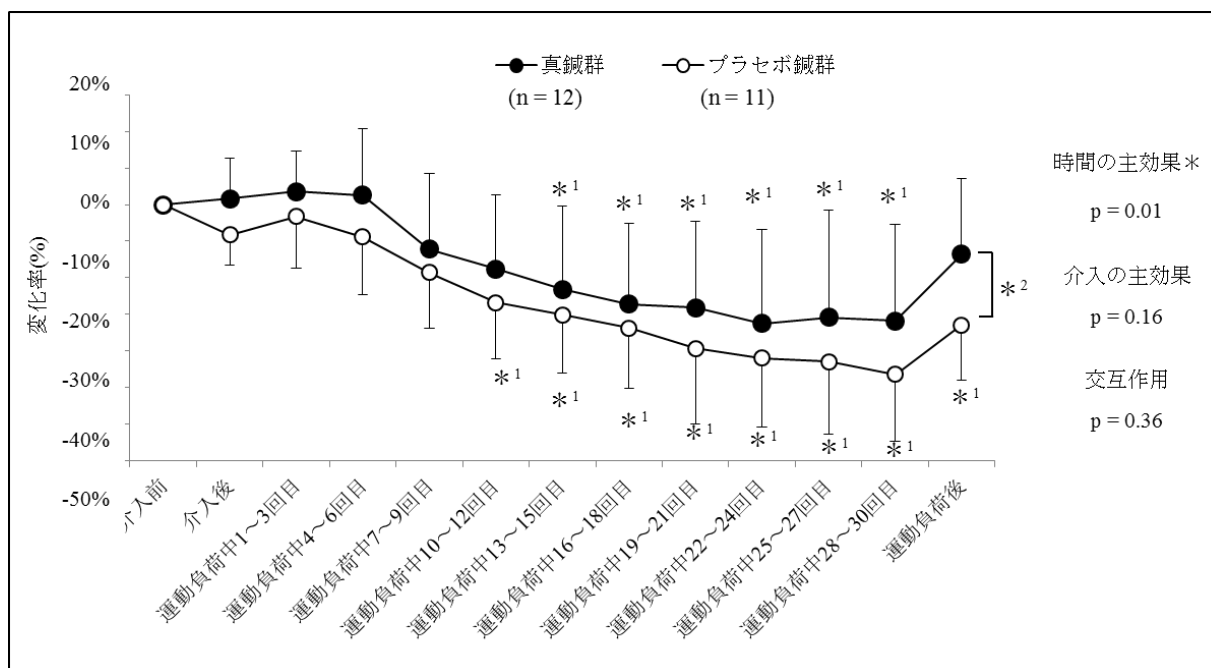


図 29: 運動負荷中を含む IMVC5 秒間の最大筋出力の変動(研究課題 3)

\*1: p < 0.05, 各群において介入前と比較した結果を示す

\*2: p < 0.05, 運動負荷後において両群間を比較した結果を示す

#### 4-3-4 RFD (Rate of Force Development)

2 要因分散分析の結果，時間 ( $F(1.41, 29.64)=7.88$ ,  $p=0.01 < 0.05$ ) と介入 ( $F(1.00, 21.00)=10.35$ ,  $p=0.01 < 0.05$ ) に有意な主効果がみられた．しかし，有意な交互作用 ( $F(1.41, 29.64)=1.86$ ,  $p=0.18$  n.s.) はみられなかった．以上の結果を，表 10 と図 30 に示す．

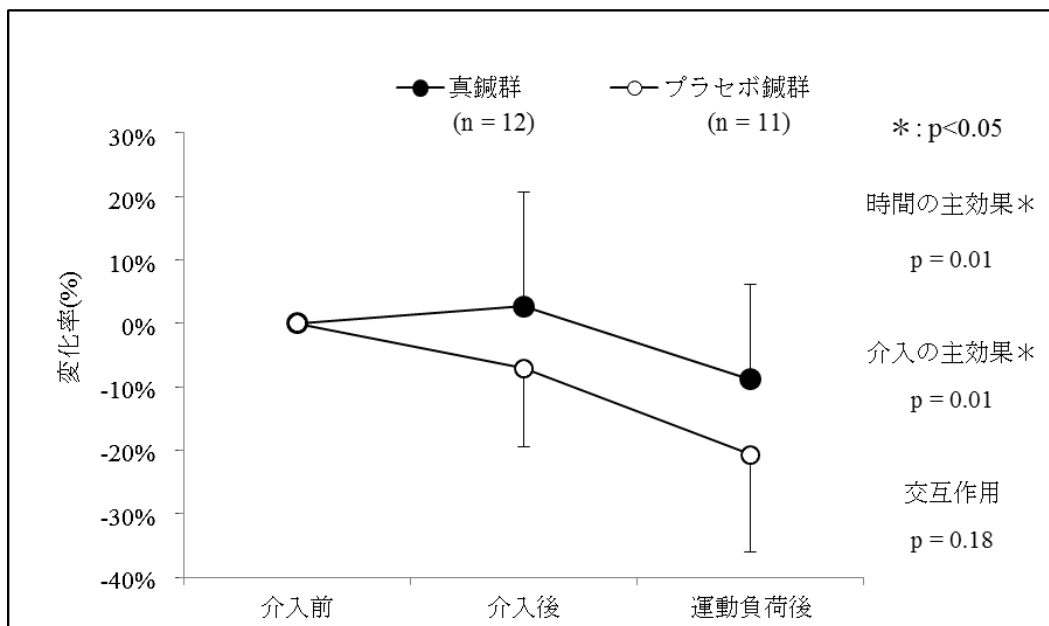


図 30 : RFD(Rate of Force Development)の変動(研究課題 3)

#### 4-3-5 積分筋電図

##### 4-3-5-1 筋出力発生(7.5N・m)時点から 500m 秒間の積分筋電図

2 要因分散分析の結果，時間( $F(2.00, 42.00)=7.71$ ,  $P=0.01 < 0.05$ )に有意な主効果がみられたものの，介入( $F(1.00, 21.00)=0.41$ ,  $p=0.53$  n.s.)に有意な主効果はみられなかった．また，有意な交互作用( $F(2.00, 42.00)=0.82$ ,  $p=0.45$  n.s.)は認められなかった．以上の結果を，表 10 と図 31 に示す．

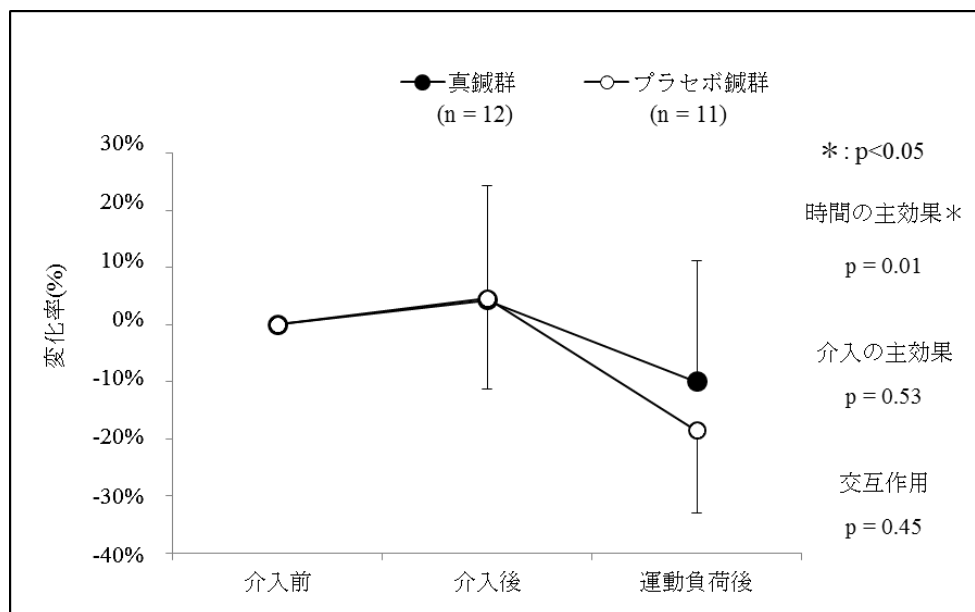


図 31：筋出力発生(7.5N・m)時点から 500m 秒間の積分筋電図の変動  
(研究課題 3)

#### 4-3-5-2 IMVC5 秒間の積分筋電図

2 要因分散分析の結果，時間 ( $F(1.35, 28.33)=1.48$ ,  $p=0.24$  n.s.)と介入 ( $F(1.00, 21.00)=0.58$ ,  $p=0.45$  n.s.)に有意な主効果はみられなかった．また．交互作用 ( $F(1.35, 28.33)=0.23$ ,  $p=0.83$  n.s.)は有意でなかった．以上の結果を，表 10 と図 32 に示す．

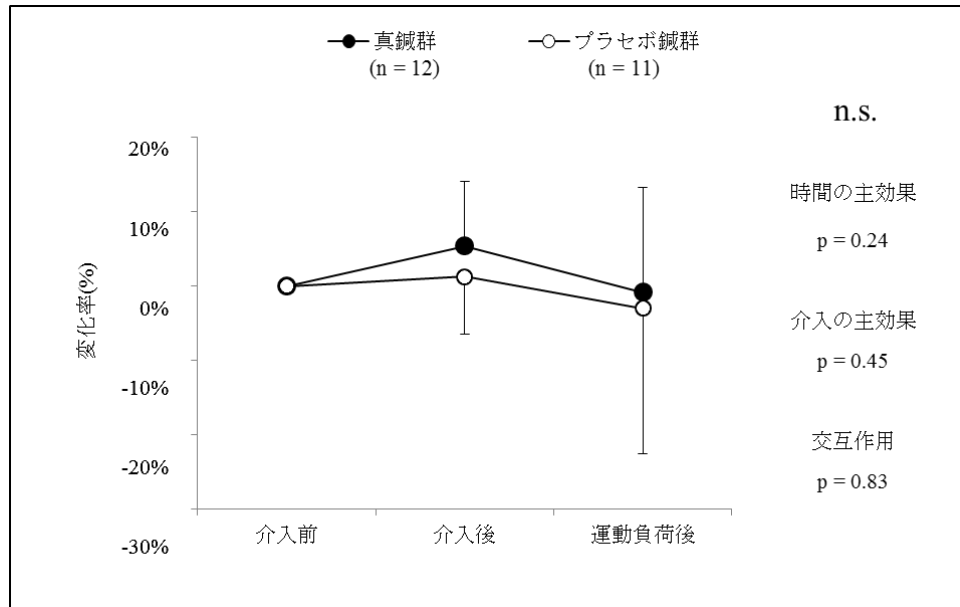


図 32 : IMVC5 秒間の積分筋電図の変動(研究課題 3)

#### 4-3-6 MPF(Mean Power Frequency: 平均周波数)

##### 4-3-6-1 筋出力発生(7.5N・m)時点から 500m 秒間の MPF

2 要因分散分析の結果，時間( $F(2.00, 42.00)=7.78$ ,  $P=0.01 < 0.05$ )に有意な主効果がみられたものの，介入( $F(1.00, 21.00)=0.52$ ,  $p=0.48$  n.s.)に有意な主効果はみられなかった．また有意な交互作用( $F(2.00, 42.00)=2.59$ ,  $p=0.19$  n.s.)はみられなかった．以上の結果を，表 10 と図 33 に示す．

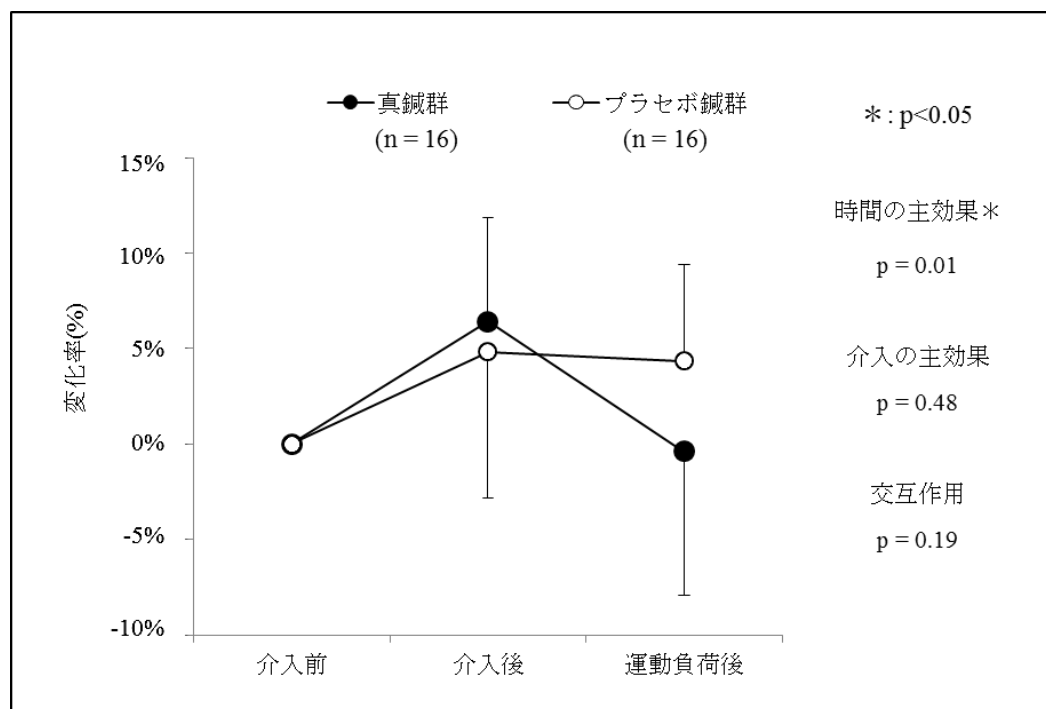


図 33 : 筋出力発生(7.5N・m)時点から 500m 秒間の MPF の変動  
(研究課題 3)



#### 4-3-6-2 IMVC5 秒間の MPF

2 要因分散分析の結果，時間の主効果 ( $F(1.51, 31.61)=7.51$ ,  $p=0.01$ ,  $p<0.05$ ) がみられたものの，介入 ( $F(1.00, 21.00)=0.09$ ,  $p=0.76$  n.s.) には有意な主効果はみられなかった．また，有意な交互作用 ( $F(1.51, 31.61)=0.05$ ,  $p=0.91$  n.s.) はみられなかった．以上の結果を，表 10 と図 34 に示す．

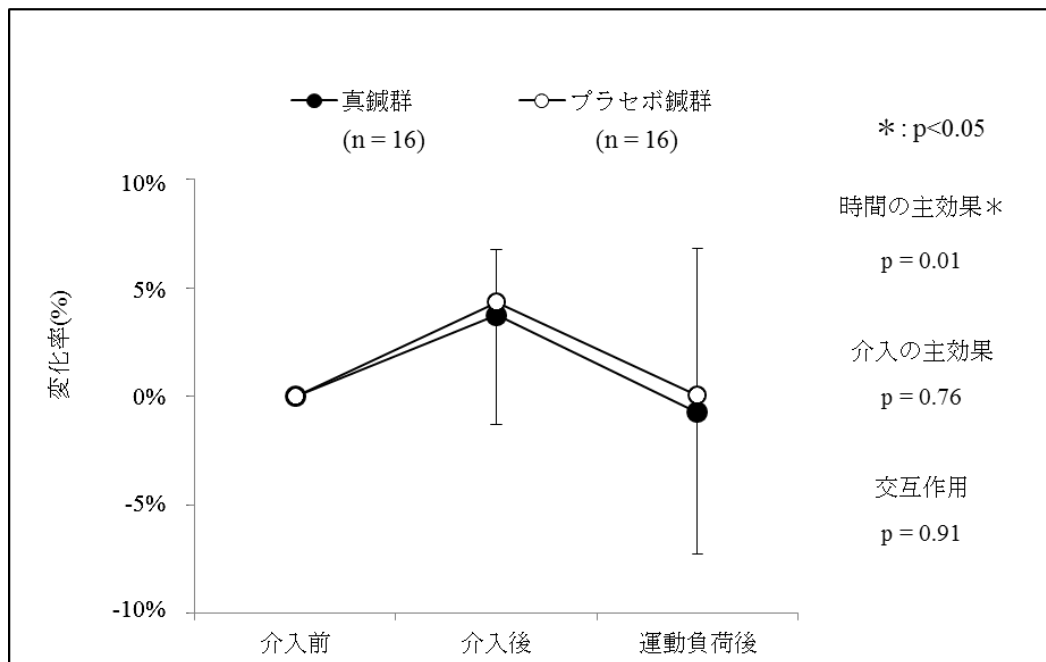


図 34 : IMVC5 秒間の MPF の変動 (研究課題 3)

#### 4-3-7 仕事量(force-time integral: FTI)

2 要因分散分析の結果，時間 ( $F(2.00, 42.00)=28.86$ ,  $p=0.01 < 0.05$ ) と介入 ( $F(1.00, 21.00)=4.87$ ,  $p=0.04 < 0.05$ ) に有意な主効果がみられた．有意な交互作用 ( $F(2.00, 42.00)=3.95$ ,  $p=0.03 < 0.05$ ) が認められた．運動負荷後，真鍮群の方が仕事量の低下が小さく，プラセボ鍮群と比較して有意に高値を示した．以上の結果を，表 10 と図 35 に示す．

また，計 30 回の 5 秒間 IMVC を実施した運動負荷中の仕事量における 3 回毎の平均値を算出し，介入前・介入後・運動負荷後とともに比較した．2 要因分散分析の結果，時間 ( $F(3.00, 62.91)=51.38$ ,  $p=0.01 < 0.05$ ) に有意な主効果がみられたものの，介入 ( $F(1.00, 21.00)=1.24$ ,  $p=0.28$  n.s.) には有意な主効果はみられなかった．また，有意な交互作用 ( $F(3.00, 62.91)=0.97$ ,  $p=0.41$  n.s.) はみられなかったが，各群において多重比較を行った結果，両群ともに運動負荷中の 13～15 回以降では，介入前よりも有意な仕事量の低下がみられた．運動負荷後の測定において，真鍮群の仕事量は運動負荷中 28～30 回の平均値よりも有意に増加(回復)していたが，プラセボ鍮群においては有意な増加(回復)がみられず，真鍮群はプラセボ鍮群と比較して有意に高値を示した．また，プラセボ鍮群における運動負荷後の仕事量は，介入前と比較して有意に低値を示したが，真鍮群においては有意な差はみられなかった．以上の結果を図 36 に示す．

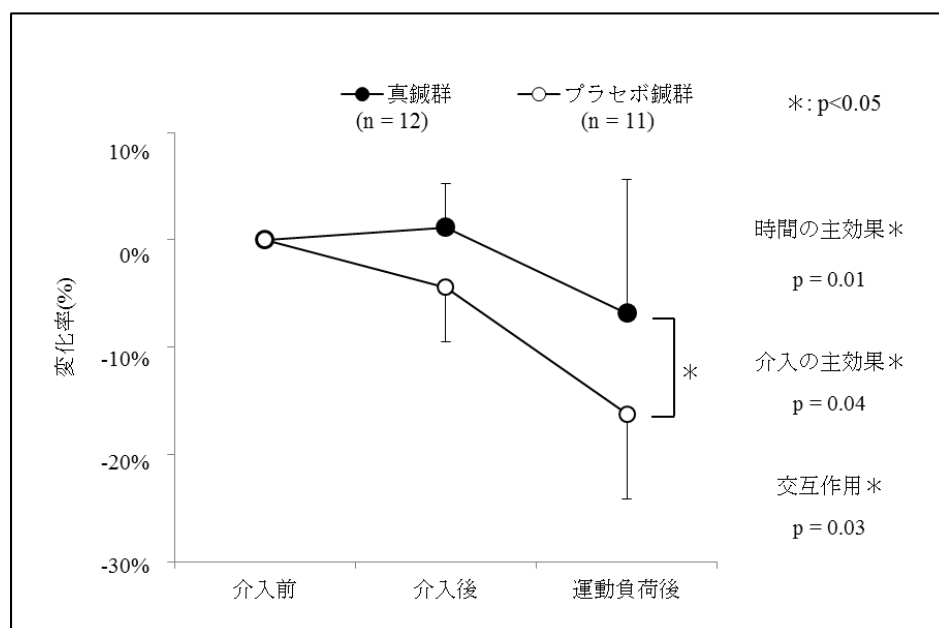


図 35：仕事量(force-time integral: FTI)の変動(研究課題 3)

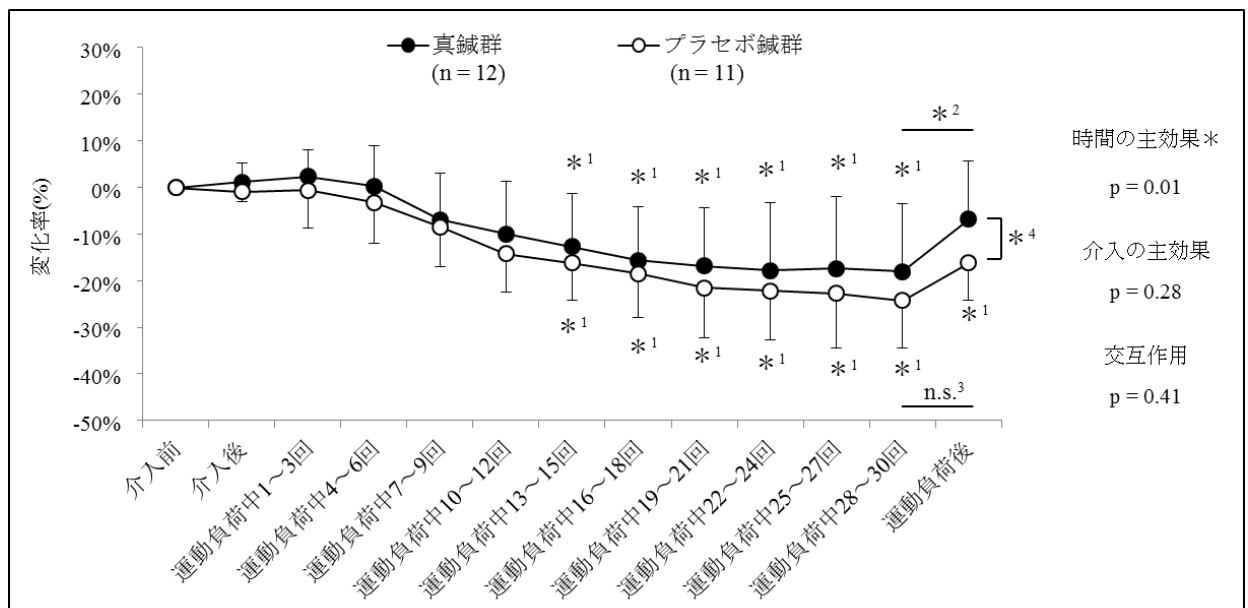


図 36：運動負荷中を含む仕事量(force-time integral: FTI)の変動  
(研究課題 3)

\*1：  $p < 0.05$ ，各群において介入前と比較した結果を示す

\*2：  $p < 0.05$ ，鍼刺激群において運動負荷中 28～30 回平均値と運動負荷後と比較した結果を示す

n.s.3：プラセボ鍼群において運動負荷中 28～30 回平均値と運動負荷後と比較した結果を示す

\*4：  $p < 0.05$ ，運動負荷後において両群間を比較した結果を示す

表 10：研究課題 3 における各測定項目の結果一覧

	介入前		介入後		運動負荷後		時間の主効果		介入の主効果		交互作用	
	鍼刺激群	プラセボ鍼群	鍼刺激群	プラセボ鍼群	鍼刺激群	プラセボ鍼群	F 値	p 値	F 値	p 値	F 値	p 値
500m 秒間の 最大筋出力 (N・m)	213.17 ±51.37 (0.00 ±0.00%)	206.69 ±52.10 (0.00 ±0.00%)	211.89 ±41.92 (0.69 ±7.88%)	202.21 ±55.30 (-2.38 ±5.77%)	190.83 ±46.01 (-9.49 ±11.08%)	165.92 ±33.08 (-18.78 ±7.73%)	4128*	001	410	006	368*	003
5 秒間の 最大筋出力 (N・m)	229.81 ±54.30 (0.00 ±0.00%)	223.29 ±59.92 (0.00 ±0.00%)	230.40 ±51.44 (0.79 ±5.52%)	214.75 ±62.02 (-4.164 ±4.12%)	212.62 ±51.60 (-6.76 ±10.28%)	185.35 ±45.06 (-16.49 ±7.49%)	3147*	001	850*	001	473*	003
RFD (N・m / m 秒)	8.02 ±3.45 (0.00 ±0.00%)	6.69 ±1.56 (0.00 ±0.00%)	8.12 ±3.60 (2.84± 18.00%)	5.97 ±1.76 (-6.90 ±12.44%)	7.27 ±3.38 (-8.77 ±15.00%)	5.19 ±1.10 (-20.73 ±15.23%)	788*	001	1035*	001	186	018
500m 秒間の 積分筋電値 (%MVC)	81.54 ±12.65 (0.00 ±0.00%)	81.30 ±9.54 (0.00 ±0.00%)	83.54 ±13.52 (4.21 ±20.06%)	81.31 ±11.90 (4.53 ±15.94%)	72.61 ±18.21 (-10.04 ±21.13%)	48.38 ±18.28 (-18.57 ±14.47%)	1240*	001	041	053	082	045
5 秒間の 積分筋電値 (%MVC)	85.22 ±4.10 (0.00 ±0.00%)	86.47 ±10.12 (0.00 ±0.00%)	89.73 ±7.12 (5.43 ±8.67%)	87.12 ±8.50 (1.27± 7.73%)	84.69 ±13.48 (-0.81 ±14.13%)	71.79 ±22.90 (-3.03 ±19.53%)	148	024	058	045	023	083
500m 秒間の MPF (Hz)	80.63 ±11.94 (0.00 ±0.00%)	79.33 ±8.37 (0.00 ±0.00%)	85.67 ±12.43 (6.41 ±5.42%)	83.41 ±12.65 (4.83 ±7.63%)	80.06 ±11.06 (-0.39 ±7.51%)	82.73 ±9.14 (4.35 ±5.03%)	778*	001	052	048	259	019
5 秒間の MPF (Hz)	84.85 ±10.43 (0.00 ±0.00%)	83.63 ±8.34 (0.00 ±0.00%)	88.03 ±11.15 (3.74 ±3.00%)	87.37 ±10.88 (4.33 ±5.62%)	84.03 ±10.38 (-0.73 ±7.57%)	83.69 ±10.40 (0.06 ±7.30%)	751*	001	009	076	005	091
仕事量 (N・m×秒)	990.50 ±263.20 (0.00 ±0.00%)	975.32 ±279.52 (0.00 ±0.00%)	996.12 ±248.07 (1.15 ±4.11%)	933.91 ±280.00 (-4.43 ±5.10%)	909.83 ±236.63 (-6.81 ±12.47%)	811.81 ±208.71 (-16.22 ±7.95%)	2886*	001	487*	004	395*	003

実測値と baseline(介入前)からの変化率を示す(平均値 ± 標準偏差)

\* p &lt; 0.05, RFD rate of force development, MVC maximal voluntary contraction MPF Mean Power Frequency

#### 4-3-8 課題 2, 3 を合わせた 3 群比較

##### 4-3-8-1 筋出力発生(7.5N・m)時点から 500m 秒間の最大筋出力

1 元配置分散分析の結果，介入の違いに有意な主効果 ( $F(2.00, 54.00)=4.91$ ,  $p=0.01 < 0.05$ ) がみられた．多重比較による事後検定の結果，鍼刺激群は，コントロール群とプラセボ鍼群よりも有意に高値を示した．以上の結果を，図 37 に示す．

##### 4-3-8-2 IMVC5 秒間の最大筋出力

1 元配置分散分析の結果，介入の違いに有意な主効果 ( $F(2.00, 54.00)=5.79$ ,  $p=0.01 < 0.05$ ) がみられた．多重比較による事後検定の結果，鍼刺激群は，コントロール群とプラセボ鍼群よりも有意に高値を示した．以上の結果を，図 37 に示す．

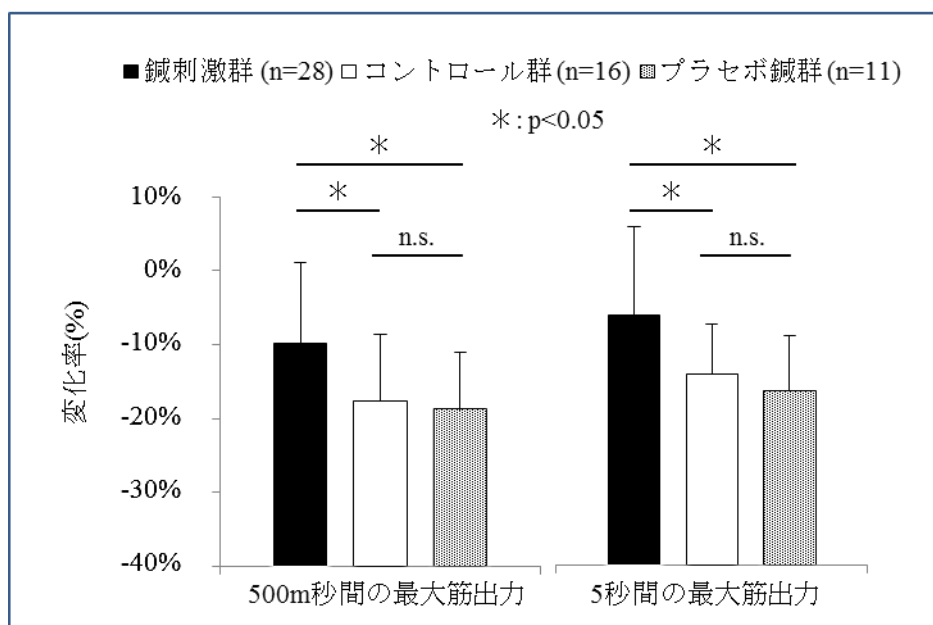


図 37：運動負荷後の最大筋出力(変化率)を用いた 3 群比較

#### 4-3-8-3 RFD (Rate of Force Development)

1 元配置分散分析の結果，介入の違いに有意な主効果 ( $F(2.00, 54.00)=4.49$ ,  $p=0.02 < 0.05$ ) がみられた．多重比較による事後検定の結果，鍼刺激群は，コントロール群よりも有意に高値を示した．以上の結果を，図 38 に示す．

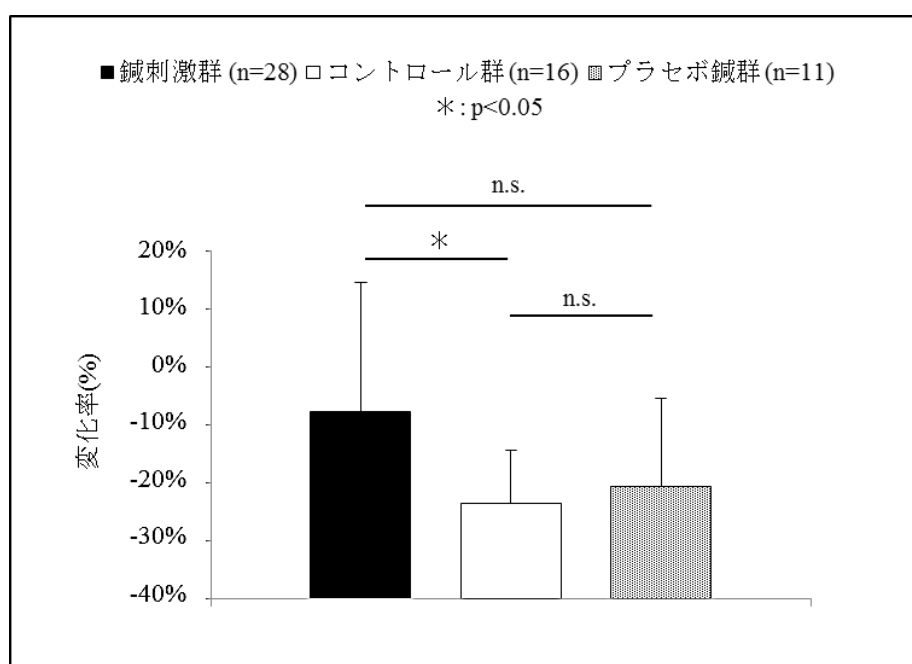


図 38：運動負荷後の RFD(変化率)を用いた 3 群比較

#### 4-3-8-3 筋出力発生 (7.5N・m) 時点から 500m 秒間の積分筋電図

1 元配置分散分析の結果，介入の違いに有意な主効果 ( $F(2.00, 54.00)=3.28$ ,  $p=0.04 < 0.05$ ) がみられたものの，多重比較による事後検定で各群間に有意な差はみられなかった．以上の結果を，図 39 に示す．

#### 4-3-8-4 IMVC5 秒間の積分筋電図

1 元配置分散分析の結果，介入の違いに有意な主効果 ( $F(2.00, 54.00)=1.56$ ,  $p=0.22$  n.s.) はみられなかった．また多重比較による事後検定においても，各群間に有意な差はみられなかった．以上の結果を，図 38 に示す．

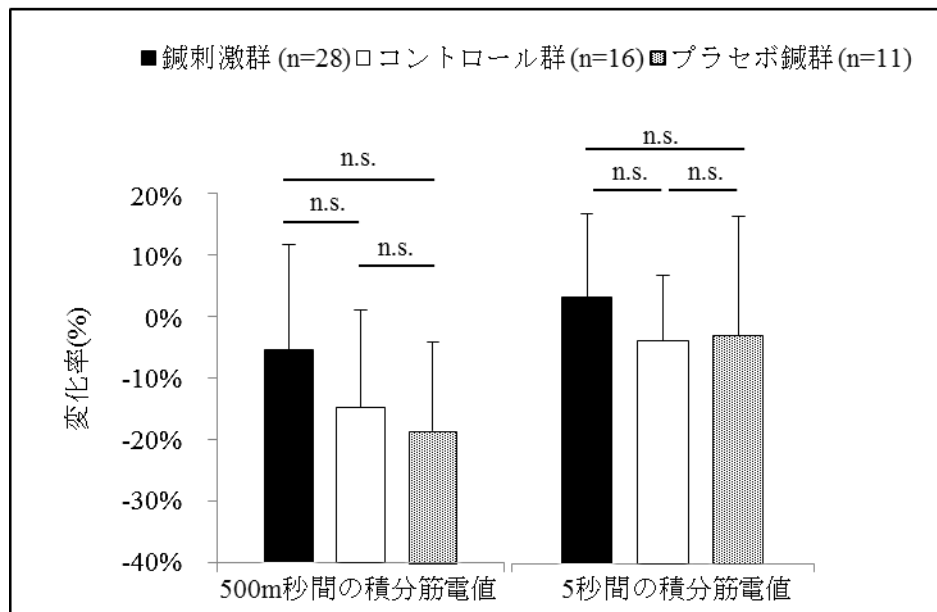


図 39：運動負荷後の積分筋電値(変化率)を用いた 3 群比較

#### 4-3-8-5 筋出力発生(7.5N・m)時点から 500m 秒間の MPF

1 元配置分散分析の結果，介入の違いに有意な主効果 ( $F(2.00, 54.00)=1.40$ ,  $p=0.26$  n.s.) はみられなかった．また多重比較による事後検定においても，各群間に有意な差はみられなかった．以上の結果を，図 40 に示す．

#### 4-3-8-6 IMVC5 秒間の MPF

1 元配置分散分析の結果，介入の違いに有意な主効果 ( $F(2.00, 54.00)=0.26$ ,  $p=0.78$  n.s.) はみられなかった．また多重比較による事後検定においても，各群間に有意な差はみられなかった．以上の結果を，図 40 に示す．

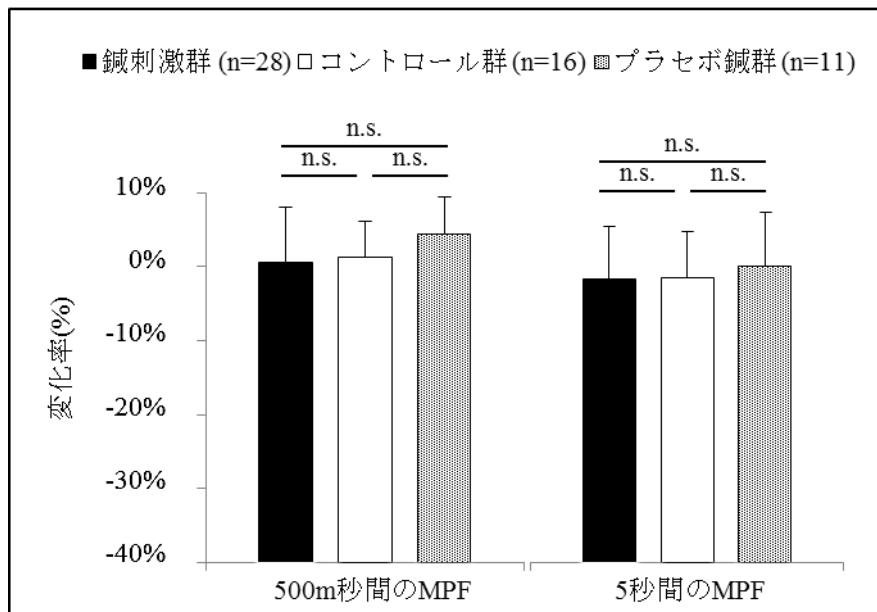


図 40：運動負荷後の MPF(変化率)を用いた 3 群比較

#### 4-3-8-7 仕事量(force-time integral: FTI)

1 元配置分散分析の結果，介入の違いに有意な主効果 ( $F(2.00, 54.00)=4.69, p=0.01 < 0.05$ ) がみられた．多重比較による事後検定の結果，鉞刺激群は，プラセボ鉞群よりも有意に高値を示した．以上の結果を，図 41 に示す．

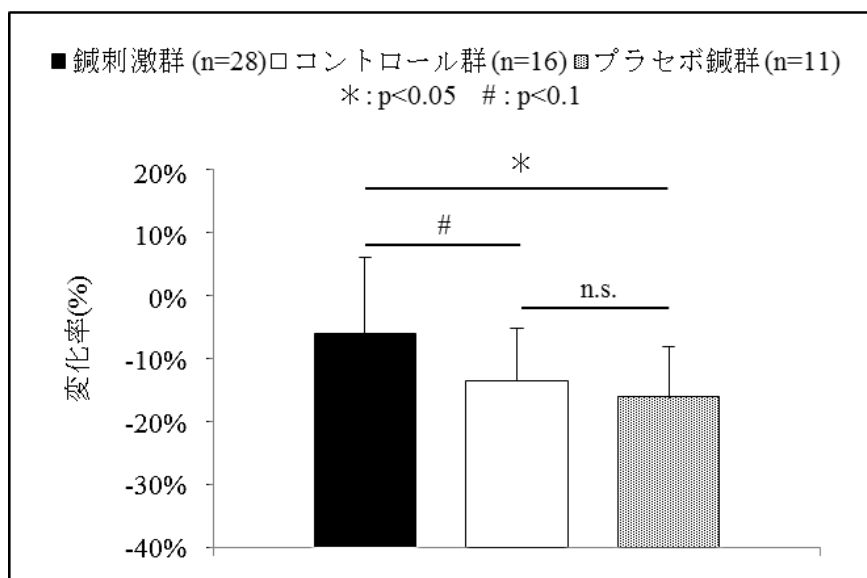


図 41：運動負荷後の仕事量(変化率)を用いた 3 群比較



#### 第 4 節 考察

本章では、先行研究および前章までに観察された瞬発的筋出力発揮能力に対する主動筋への円皮鍼刺激の効果を、鍼を受けとことによる満足感や思い込みといった心理的影響であるプラセボ効果を取り除いた条件となる二重盲検比較試験を用いて検討した。

貼付された鍼に関する質問では、真鍼群とプラセボ鍼群の回答の比率に差はなく、正しく盲検化されており、本研究の介入は二重盲検の条件下で実施されたと考えられる。また先行研究[22, 23, 24]同様、円皮鍼が二重盲検比較試験を可能とするツールであり、大腿部前面への応用が可能であることが示唆された。

筋出力発生後 500m 秒間の最大筋出力に、有意な円皮鍼介入の主効果がみられた(図 27)また、5 秒間の最大筋出力では、有意な円皮鍼介入の主効果と交互作用がみられ、運動負荷後に鍼刺激群の方が有意に高値を示した(図 28)。仕事量(force-time integral: FTI)においても、有意な円皮鍼介入の主効果と交互作用がみられ、運動負荷後に鍼刺激群の方が有意に高値を示した(図 35)。これらのことから、課題 2 と同様、円皮鍼刺激が最大筋出力や仕事量といった筋出力の低下を抑制することが示唆された。また、立ち上がり率・増加率を示し筋収縮速度に類似した指標とされる RFD に関しても、円皮鍼介入の有意な主効果がみられた(図 34)ことより、円皮鍼刺激は最大筋出力、RFD、仕事量の低下を抑制することが示唆された。しかし、筋活動量を推定するために測定した積分筋電値と MPF では、疲労による低下を抑制する効果はみられなかった。

運動負荷中の最大筋出力の変化については、課題 2 同様の回復促進効果はみられなかった(図 33)が、仕事量に関しては回復促進効果がみられた(図 36)。しかし、有意な円皮鍼介入の主効果および交互作用がみられなかったことから結果の解釈には限界が伴う。

課題 2 と 3 の結果を統合し、運動負荷後の変化率を鍼刺激群(真鍼群)、コントロール群、プラセボ鍼群の 3 群で比較した。その結果、最大筋出力、仕事量において鍼刺激群がコントロール群、プラセボ鍼群と比較してその低下が有意に少なかった(図 37, 41)。RFD に関しては、コントロール群と比較して鍼刺激群の方が有意にその低下が少なかった(図 38)。積分筋電値と MPF においては、3 群群間に有意な差は認められなかった。

(図 39, 40). コントロール群とプラセボ鍼群の間には、いずれの測定項目においても有意な差はみられなかった. これらのことより、円皮鍼刺激は、最大筋出力および仕事量の低下を抑制する可能性が示唆された. また、プラセボ鍼は鍼先がないだけで絆創膏など鍼以外の構造は円皮鍼と変わらず、貼付したことにより微細ではあるが皮膚への刺激を加えたことによる影響があると予測されたが、コントロールと比較して差はなかった. このことから円皮鍼のこれらの効果は、絆創膏など鍼以外の構造物を貼付したことによる効果ではなく 0.6mm の鍼による刺激を加えた効果であると考えられる.

筋に対する円皮鍼刺激の効果の機序としては、課題 1, 課題 2 同様に局所の血流増加反応(図 5)と運動単位動員数の減少や発火頻度の低下の抑制が考えられるが、本章では積分筋電値や MPF において課題 2 のような円皮鍼刺激による低下抑制をみることはできなかった. また局所の血流反応に関しても、推察の域を脱せず、機序に関してはその説明が今後の課題である.

本章では、主動筋への円皮鍼刺激を予め実施し、円皮鍼を貼付したまま運動することが運動負荷による最大筋出力、仕事量の低下を抑制する効果、疲労状態からの回復を促進する効果を観察することができた. スポーツ現場での具体的な応用として、試合やトレーニングの際に事前に円皮鍼を貼付することで筋疲労によるパフォーマンス低下の抑制や効率の良いトレーニングの実施を可能にすると考えられる. 特に、高強度の運動を短時間の休息をはさみながら繰り返し実施する間欠的高強度運動を必要とする競技種目においてその効果が期待される. また、これまで鍼に対して痛そうといったマイナスのイメージを持っていた選手や毫鍼による刺激の感覚が苦手な選手などに円皮鍼を用いることで、鍼治療受療のきっかけを増やすことができるのではないかと考えられる. 鍼の利用率が低迷している現状を考えると、円皮鍼への期待は大きいと考えられる.

しかし、本章で実施した運動負荷および瞬発的筋力発揮能力の測定で用いた IMVC は、実際のスポーツ動作とは異なることから今後は、様々な運動様式を用いた測定試技による検討が必要である. また、最大筋出力や RFD は、動員される運動単位と発火頻度に影響されている[73, 74]

が，本章で測定した筋活動は，膝伸展運動に対して大腿直筋のみであったため，その解釈には限界が伴う．今後，円皮鍼の効果について，その機序を明らかにするために筋活動への影響について詳細に検討することや運動時の筋血流量及ぼす影響について検証することが必要であると考えられる．刺激部位に関しても，さらなる検討が必要である．本研究では，いわゆるツボと呼ばれる経穴に関する知識を有しない者でも簡単にセルフケアの一環として円皮鍼を利用することができるような刺激部位の選定をひとつの目標としていたため，先行研究では検討されていなかった運動時の主動筋にのみ円皮鍼刺激を施し，その効果を検討した．しかし，本研究では便宜上，主動筋上に存在する経穴に刺激をしたため，その効果はある特定の部位を刺激した際に起こる特異的效果[2-8]である可能性があり，主動筋上の経穴でないどこの部位を刺激しても同様の効果が観察されるか検討する必要がある．

本章では，円皮鍼が運動負荷による筋疲労を抑制する効果および疲労状態からの回復を促進する効果を観察することができた．これにより円皮鍼がスポーツ選手のパフォーマンスを向上させるためのひとつの手段として活用できるのではないかと考えられる．また，これまで鍼に対して痛そうといったマイナスのイメージを持っていた選手や毫鍼による刺激の感覚が苦手な選手などに円皮鍼を用いることで，鍼治療受療の機会を増やすことができるのではないかと考えられる．鍼の利用率が低迷している現状を考えると，円皮鍼への期待は大きいと考えられる．

## 第 5 節 本章のまとめ

本章では、主動筋への円皮鍼刺激を予め実施し、円皮鍼を貼付したまま運動することが最大筋出力や RFD といった瞬発的筋力発揮能力の筋疲労による低下に対してどのような影響を及ぼすか二重盲検比較試験を用いて検討した。その結果、円皮鍼は運動負荷による最大筋出力、RFD、仕事量の低下を抑制する可能性があるとし唆された。これにより円皮鍼がスポーツ選手のパフォーマンスを向上させるためのひとつの手段として活用できるのではないかと考えられると同時に、簡便で、痛みを伴わないという円皮鍼の特性から鍼に対してマイナスのイメージを持った者に対して鍼治療受療のきっかけの手助けとなることが期待される。

しかし、測定の実験様式や機序を明らかにする測定項目の選定など今後より詳細な検討が必要である。

## 第 5 章 総括

### 第 1 節 本研究のまとめ

鍼治療は一般的に、筋骨格系の痛みを取り除く手段として用いられているが、年々増加するはり師、きゅう師の登録者数に反して、鍼治療の利用率や市場規模は低迷状態が続いており、その普及が大きな課題となっている。一方で、スポーツ選手は傷害による痛みを取り除く目的以外に、傷害や疲労蓄積の予防、コンディショニングを目的として鍼を利用しており、その利用率は一般人と比較して高いとされている。しかし、スポーツパフォーマンスやコンディショニングに対する影響について一貫したエビデンスが存在せず、その究明が期待される。

そこで本研究では、筋出力に対する鍼刺激が影響について検討し、鍼刺激のパフォーマンスへの影響について基礎的資料を得ることとした。同様の先行研究では、毫鍼と呼ばれる鍼で筋中まで深く刺入したり、あるいは刺入した鍼に通電したりという比較的刺激の強い方法が用いられ、筋出力増加の効果が観察されている。この毫鍼による鍼刺激では太さ 0.2mm の鍼を筋中まで刺入する方法が一般的であるが、その刺激を不快に感じたり、患者によっては副作用が生じたりするなど鍼灸治療を中断する理由となること、また痛みに対する不安感などが鍼治療受療機会の妨げになっているという課題を抱えている。そこで近年、痛みを伴うことなく鍼刺激を実施できる円皮鍼が注目されている。円皮鍼は、絆創膏付きの鍼を皮膚に貼付するという簡便な方法であるため毫鍼のように専門的な技術を有する必要がなく、ドラッグストア等で購入可能で選手が自ら貼付しセルフケアの一環として使用することができるという特性を有する。筋出力に対する円皮鍼刺激の影響を検討した先行研究では、運動負荷による筋出力低下の抑制が報告されているが、効果のあるとされる刺激部位を見つけ出すにはツボと呼ばれる経穴や解剖学における専門的な知識が必要となるため、鍼の普及という観点からは専門的な知識を有しない者でも簡便に効果を再現できる刺激部位の選定が必要と考えられる。そこで本研究では、この円皮鍼が筋疲労時に低下するとされる最大筋出力などの瞬発的筋力発揮能力に及ぼす影響について明らかにすると同時に、先行研究で課題であった刺激部位に関して、新たな知見を見出すことを目的とした。

以上の目的を達成するために、まず研究課題 1 では、先行研究において筋疲労による最大筋出力低下を抑制するとされている刺激部位(円皮鍼貼付部位)を選定し、膝伸展等尺性運動における最大筋出力への影響について検討した。研究課題 2 では、課題 1 および先行研究において課題とされている刺激部位の再検討と筋疲労をとらえるための新たなパラメーターを加えて検討した。研究課題 3 では、課題 2 で効果のみられた方法について、鍼を受けたことによる満足感や思い込みといったプラセボ効果を取り除いた二重盲検比較試験を用いて円皮鍼刺激の効果について再検討した。

研究課題 1 では、膝伸展等尺性運動における最大筋出力への効果について検討した。筋疲労を引き起こす運動負荷の際に、主動筋である大腿四頭筋への局所刺激とそれ以外の遠隔部刺激を組み合わせた円皮鍼刺激を予め施し、運動中に円皮鍼を貼付することで最大筋出力の低下を抑制することが示唆された。

しかし、先行研究同様、円皮鍼による刺激の部位を選定する方法に鍼灸学における専門的な知識もしくは解剖学の基礎的な知識が必要となり、専門的な教育を受けていない者にとっては効果の再現が難しいという課題を有するため、研究課題 2 では、簡便で、かつこれまでと同様の効果を再現できる刺激部位とその効果を評価するための新たなパラメーターの選定を行った。

研究課題 2 では、筋疲労をとらえるための新たなパラメーターとして最大筋出力に加え、筋の立ちあがり率を示す RFD を用いた。RFD は筋収縮速度に類似した指標となり、これら瞬発的筋力発揮能力の低下と定義される筋疲労への影響を検討した。その他のパラメーターとして筋電図、仕事量(fore-time integral)を用いて検討した。また、より簡便で、かつ専門的な知識を有しない者でもセルフケアの一環として実施可能な刺激部位として、主動筋である大腿四頭筋周辺への円皮鍼刺激の効果について検討した。課題 1 同様に円皮鍼刺激を予め施し、運動中に円皮鍼を貼付した状態で膝伸展等尺性運動を用いた運動負荷および瞬発的筋力発揮能力の測定を実施した。その結果、主動筋への円皮鍼刺激は最大筋出力、RFD、積分筋電図、仕事量の低下を抑制することが示唆された。

しかし、以上の効果が、鍼を受けたことによる満足感や思い込みとい

ったプラセボ効果によるものであることを否定することはできない。そこで、研究課題 3 では、鍼刺激を受ける対象者および刺激を実施する施術者・測定を実施する測定実施者の両者が本物の円皮鍼と円皮鍼と外見は全く同じで鍼だけが取り除かれた偽物の鍼のどちらを用いて刺激しているかわからないように条件を設定する二重盲検比較試験を用いて検討した。測定項目、プロトコル、刺激部位は課題 2 と同様のものを用いて検討した結果。課題 2 同様、本物の鍼にのみ最大筋出力、RFD、仕事量の低下を抑制することが示唆された。

また、課題 2 と 3 の結果を統合し、運動負荷後の変化率を鍼刺激群(真鍼群)、コントロール群、プラセボ鍼群の 3 群で比較した結果、円皮鍼刺激は最大筋出力、仕事量、RFD の低下を抑制する可能性が示唆された。これらの 3 群比較において、無刺激のコントロール群とプラセボ鍼群との間に有意な差がみられなかったことから、これらの円皮鍼の効果は絆創膏など鍼以外の構造物を貼付したことによる効果ではなく 0.6mm の鍼による刺激を加えた効果であると考えられる。

本研究の結果から、円皮鍼がスポーツ選手のパフォーマンスを向上させるためのひとつの手段として活用できる可能性を有すると考えられる。また、簡便で、痛みを伴わないという円皮鍼の特性から鍼に対してマイナスのイメージを持った者に対して鍼治療受療のきっかけの手助けとなることやセルフケアの一環としての円皮鍼の活用が期待される。

しかし、測定の運動様式の再検討や効果の機序を明らかとする測定項目の選定など今後もより詳細な検討が必要である。

## 第 2 節 今後の課題

本研究の限界として、運動負荷や瞬発的筋発揮能力測定に用いた運動様式や運動負荷の方法と効果機序を検討し得る測定項目の選定があげられる。

本研究で用いた運動は、膝伸展等尺性運動であり実際のスポーツ活動とは異なるため、今後は短縮性や伸張性の運動様式に加え、運動の速度や部位など様々な条件下での検討が必要であると考えられる。また、筋疲労を目的として実施した運動負荷の方法についても再検討する必要がある。本研究で運動負荷の参考とした Yeung ら[59]の報告では、30 回の IMVC 後に最大筋出力が 15%低下し、その際には筋の活動量の低下や筋放電が発生してから実際に筋が動き出すまでの時間である Electromechanical Delay も遅延し、筋疲労が生じたとされている。本研究では、研究課題 1 で 25%、課題 2 で 15%、課題 3 で 20%の最大筋出力の低下が観察されたが、膝伸展運動を用いた筋疲労に関する多くの報告では最大筋出力の約 40~50%低下した状態を用いて検討している[55, 85-87]。よって、本研究では運動負荷による負荷量が少なく筋の疲労状態を十分に作成できていなかった可能性がある。しかし、著者の主観となるが、本研究で実施した「5 秒間の IMVC を 5 秒間の休息をはさみながら計 30 回、5 分間繰り返し行う負荷」は対象者にとって大きな負荷であったと考えられるため、今後は運動様式や負荷のプロトコルを再編し、効率よく大きな筋疲労を引き起こすことができる方法を再検討する必要があると考えられる。

効果機序に関して、本研究では推察の域を脱することができない。鍼の効果機序、特に、筋に対する鍼刺激の効果については、刺激の対象とする筋もしくはその周囲の皮膚へ直接刺激する局所への刺激と対象とする筋とは別の部位に刺激する遠隔部への刺激とでその機序が異なり、遠隔部への刺激では、コリン作動性の交感神経性血管拡張神経を遠心路とする体性 - 自律神経反射による筋血流の増加、局所への刺激では、無髄 C 線維を求心路とする軸索反射によって放出された CGRP(カルシトニン遺伝子関連ペプチド)などの血管拡張物質が引き起こす筋血流量の増加とされている。本研究では、研究課題 1 ではこの両者が、課題 2, 3 では前者がその機序と考えられるが、今後筋血流の測定をすることで、



その機序を明らかにする必要があると考える．また，最大筋出力や RFD は，動員される運動単位と発火頻度に影響されているが，本研究での筋電図を用いた検討は，

その機序に関しても推察の域を脱しない．本研究では，円皮鍼の貼付位置の影響で筋電図測定 of 電極を大腿直筋にのみ貼付した．主に膝伸展に関わると考えられるその他，内側広筋や外側広筋などの活動について観察することができていない．さらに，大腿直筋の活動について周波数解析を用いた MPF には変化がみられなかったことに加え，研究課題 2 では運動負荷による筋放電量の低下抑制する効果がみられたが，課題 3 では課題 2 と同様の効果をみることができず，その影響は一貫していなかった．今後，効果機序の解明には，新たなパラメーターの再検討が必要であると考えられる．

その他，刺激部位に関しても，さらなる検討が必要である．本研究では，いわゆるツボと呼ばれる経穴に関する知識を有しない者でも簡便にセルフケアの一環として円皮鍼を利用することができるような刺激部位の選定をひとつの目標としていたため，先行研究では検討されていなかった運動時の主動筋にのみ円皮鍼刺激を施し，その効果を検討した．しかし，本研究では便宜上，主動筋上に存在する経穴に刺激をしたため，その効果はある特定の部位(経穴)を刺激した際に起こる特異的効果 [2-8] である可能性がある．そのため，今後は主動筋上の経穴でない部位，たとえば主動筋上で圧痛の強い部位や伸張痛を感じる部位などを刺激しても同様の効果が観察されるか検討する必要がある．主動筋上で圧痛や伸張痛を感じる部位でも同様の効果が得られれば，選手のセルフケアの手段としてより簡便な方法として活用できると考えられる．

## 謝 辞

本研究論文を作成するにあたり，ご理解とご鞭撻を賜り，有益なご教示を賜りました筑波大学人間総合科学研究科スポーツ医学専攻，宮川俊平教授，向井直樹准教授，竹村雅裕准教授に深く感謝申し上げます。

福岡大学スポーツ科学部，向野義人教授には公私にわたり多くのご指導を賜りました。こうして鍼灸と出会えたのも先生の存在があったからです。心から感謝し，御礼申し上げます。

帝京平成大学ヒューマンケア学部鍼灸学科，高橋秀則教授，久島達也教授をはじめ，宮崎彰吾先生，吉田成仁先生，皆川陽一先生，多くの先生方には業務と学位論文作成の両立をしていくうえで，ご理解をいただき，深く感謝の意を申し上げます。

筑波大学スポーツ医学専攻宮川研究室の皆様，同期の方々には，被験者募集や測定機器の作成，研究に対するディスカッションなど多大なご協力をいただきました。深くお礼申し上げます。

最後に，結婚直後から筑波に越してきて，不慣れな土地での生活にも関わらず小さな子を育てながらここまで支え続けてくれた妻，奈那に心から感謝します。また，日に日に大きく成長し元気な笑顔をみせてくれる長女，芽依に感謝します。

参考文献 (出典順)

- 1) Yamashita, H. et al.: Popularity of complementary and alternative medicine in Japan a telephone survey. *Complement Ther Med* 10(2): 84-93, 2002.
- 2) Witt CM, et al: Pragmatic randomized trial evaluating the clinical and economic effectiveness of acupuncture for chronic low back pain. *Am J Epidemiol* 164;487-496, 2006.
- 3) Hutchinson et al: The effectiveness of acupuncture in treating chronic non-specific low back pain a systematic review of the literature. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research* 2012, 7:36, 2012.
- 4) Witt CM, et al. Acupuncture in patients with osteoarthritis of the knee or hip a randomized, controlled trial with an additional nonrandomized arm. *Arthritis Rheum* 54(11):3485-93, 2006.
- 5) Le Cao, et al: Needle acupuncture for osteoarthritis of the knee. A systematic review and updated meta-analysis. *Saudi Medical Journal* 33 (5): 526-532, 2012.
- 6) ITOH Kazunori, INOUE Tomohiro, HANEDA Yusuke, OCHI Hideki, KITAKOJI Hirosh: The Effect of Trigger Point Acupuncture Treatment on Sport-induced Chronic Low Back Pain - Questionnaire and Acupuncture Treatment for University Students -. *Journal of the society of acupuncture and moxibustion*55(2); 142-149, 2005.
- 7) IZUMI Shigeki, MIYAMOTO Toshikazu, KOBORI Takahiro, AOKI Kensuke, IKEMUNE Sachiko, HARA Kenji, KATAYAMA Shoko, MIYAKAWA Shumpei: The effect of the electroacupuncture therapy for low back pain of collegiate athletes. *Journal of the society of acupuncture and moxibustion*58(5);775-784,2008.
- 8) Kleinhenz J, Streitberger K, Windeler J, Güssbacher A, Mavridis G, Martin E.: Randomised clinical trial comparing the effects of acupuncture and a newly designed placebo needle in rotator cuff tendinitis. *Pain* 83(2):235-41, 1999.
- 9) 川喜田 健司: 鍼鎮痛機序に関する研究の現状とポリモーダル受容器の関与. *慢性疼痛* 26(1); 9-14, 2007.

- 10) 寺田和史ほか：エキセントリック運動により生じた遅発性筋痛に対する鍼刺激の効果．体力科学 50: 583-592, 2001.
- 11) Kazunori Itoh, Hideaki Ochi, Hiroshi Kitakoji: Effects of tender point acupuncture on delayed onset muscle soreness(DOMS) – a pragmatic trial. Chinese Medicine 3: 14, 2008.
- 12) Hubscher M, Vogt L, Bernhorster M, Rosenhagen A, Banzer W: Effects of acupuncture on symptoms and muscle function in delayed-onset muscle soreness. J Altern Complement Med 14(8): 1011–1016, 2008.
- 13) Markus Hubscher et al: Immediate effect of acupuncture on strength performance: a randomized, controlled crossover trial. Eur J Appl Physiol, 110:358, 2010.
- 14) Li-Ping Haung, et al: Bilateral effect of unilateral electroacupuncture on muscle strength. Journal of Alternative and Complementary Medicine 13(5):539-546, 2007.
- 15) Shi Zhou, et al: Bilateral Effects of 6 Weeks' Unilateral Acupuncture and Electroacupuncture on Ankle Dorsiflexors Muscle Strength : A Pilot Study. Arch Phys Med Rehabil 93:50-55, 2012.
- 16) Toma, Kumika; Conatser, Robert R. Jr.; Gilders, Roger M.; Hagerman, Fredrick C.: The Effects of Acupuncture Needle Stimulation on Skeletal Muscle Activity and Performance. Journal of Strength & Conditioning Research 12(4); 253-257, 1998.
- 17) Thomas w. et al: Acupuncture in human performance. Journal of strength and conditioning research 15(2), 266-271, 2001.
- 18) 矢野忠, 川喜田健司: 国民に広く鍼灸医療を利用してもらうためには, 今, 鍼灸会は何をしなければならないのか—鍼灸医療に関するアンケート調査からの一考察—その 3 鍼灸医療に関する受療と非受療の理由. 医道の日本 746 号: 125-130, 2015.
- 19) 寺田和史: スポーツ競技者の鍼治療に対する受療態度に影響を及ぼす要因の検討 体育系大学生を対象とした質問紙調査. 全日本鍼灸学会雑誌 58: 758-765, 2008.
- 20) 七堂利幸: 鍼・灸・あんまマッサージ指圧に対する四大都市の繁華街通行人における意識調査. 医道の日本 700号臨時増刊; 18-33, 2002.

- 21) 矢野忠, 石崎直人, 川喜田健司: 国民に広く鍼灸医療を利用してもらうためには, 今, 鍼灸会は何をしなければならないのか—鍼灸医療に関するアンケート調査からの一考察—総集編1 受療意向について. 医道の日本767号: 169-175, 2007.
- 22) Miyazaki, S. et al.: Applicability of Press Needles to a Double-blind Trial: A Randomized, Double-blind, Placebo-controlled Trial. The Clinical Journal of Pain 25(5):438-44, 2009.
- 23) 宮本俊和ほか: マラソン後の筋痛と筋硬度に対する円皮鍼の効果: 二重盲検ランダム化比較試験による検討. 日東医誌 54(5), 939-944, 2003.
- 24) 古屋英治ほか: ランダム化比較試験による筋疲労の回復に及ぼす円皮鍼の効果—shamを用いた比較試験—. 全日本鍼灸学会雑誌 59(4): 375-383, 2009.
- 25) Bigland-Ritchie B: Muscle fatigue and the influence of changing neural drive. Clin Chest Med5:21-34, 1984.
- 26) Vollestad NK: Measurement of human fatigue. J Neurosci Methods 74: 219-227, 1997.
- 27) 矢野忠, 川喜田健司: 国民に広く鍼灸医療を利用してもらうためには, 今, 鍼灸会は何をしなければならないのか—鍼灸医療に関するアンケート調査からの一考察—その 1 鍼灸医療の利用率と鍼灸医療の市場規模について. 医道の日本 743 号: 138-146, 2015.
- 28) 平成 22 年度厚生労働科学研究「統合医療の情報発信等の在り方に関する調査研究」, 厚生労働科学研究成果データベース.
- 29) 秋本崇之ほか: 大学競技スポーツ選手における鍼治療の実態. 臨床スポーツ医学 15(1):87-93, 1998.
- 30) 寺田和史, 和田恒彦, 宮本俊和: 鍼治療に対するイメージおよび受療態度変容プログラムの適用. 全日本鍼灸学会雑誌 52(2); 115-122, 2002.
- 31) 大隈祥弘, 宮崎彰吾, 吉田成仁, 向野義人, 久島達也, 高橋秀則: 月大学生スポーツ選手の相補・代替医療利用状況. 日本臨床スポーツ医学会誌 20(2); 351-359, 2012.
- 32) 財団法人スポーツ安全協会: スポーツ等活動中の傷害調査集大成版.

- スポーツ安全協会，東京，1991.
- 33) Miyamoto T, Kobayashi T, Meguriya S, Yamaguchi S, Fukubayashi T, Hayashi K: The Actual Condition of acupuncture for Athletes Entered the National Athletic Meet at Ibaraki Prefecture. PROCEEDING FISU/CESU Conference The 18th universiade: 74-75, 1995.
- 34) Barnes PM, Bloom B, Nahin RL.: Complementary and alternative medicine use among adults and children: United States, 2007. National health statistics reports; no 12. Hyattsville, MD: National Center for Health Statistics. 2008.
- 35) Nichols AW, Harrigan R: Complementary and alternative medicine usage by intercollegiate athletes. Clin J Sport Med 16(3): 232-237, 2006.
- 36) 教科書執筆小委員会著:経絡経穴概論. 東洋療法学校協会編,医道の日本社:東京, 2004.
- 37) 教科書執筆小委員会著:はりきゆう理論. 東洋療法学校協会編,医道の日本社:東京, 1-19, 2002.
- 38) Edzard Ernst & Adrian White: 鍼治療の科学的根拠～欧米の EBM 研究者による臨床評価～. 山下仁,津嘉山洋訳, 医道の日本社, 東京, 2001.
- 39) 佐藤昭夫, 佐藤優子, R.F.シュミット: 体性-自律神経反射の生理学物理療法, 鍼灸, 手技療法の理論. シュプリンガー・ジャパン社, 東京, 2007.
- 40) 佐藤 三千雄, 武重 千冬: 局所疼痛に対する針作用の実験的研究-4- 強縮によって減少した収縮高の回復に対する傍脊椎施針の促進作用. 昭和医学会雑誌 42(4), 441-447, 1982
- 41) 楠本 盛一, 佐藤 三千雄, 武重 千冬: 局所疼痛に対する針作用の実験的研究(5) 視床下部前部を反射の中枢とする脊椎傍筋施針の強縮後減少した腓腹筋の単縮高の回復促進作用.昭和医学会雑誌 45(2); 279-285, 1985.
- 42) Haruto KINOSHITA: EXPERIMENTAL RESEARCH OF ACUPUNCTURE'S EFFECT ON LOCAL PAIN II : EFFECT OF STATIONARY INSERTION ON THE CONTRACTION RECOVERY PROCESS FOLLOWING TETANUS. Journal of the Showa Medical

- Association Vol. 41 (4), P 393-403, 1981.
- 43) Shinbara H, Okubo M, Sumiya E, Fukuda F, Yano T, Kitade T. : Effects of manual acupuncture with sparrow pecking on muscle blood flow of normal and denervated hindlimb in rats. *Acupunct Med.* 26(3):149-59, 2008.
- 44) Sandberg M, Lundeberg T, Lindberg LG, Gerdle B.: Effects of acupuncture on skin and muscle blood flow in healthy subjects. *Eur J Appl Physiol.* 90(1-2):114-119, 2003.
- 45) 教科書執筆小委員会著:はりきゅう理論. 東洋療法学校協会編, 医道の日本社:東京, 1-19, 2002.
- 46) Yamashita H, Tsukayama H, Tanno Y, Nishijo K. Adverse events related to acupuncture. *JAMA* 280(18): 1563-4, 1998.
- 47) 古屋英治, 名雪貴峰, 八亀真由美, 古海博子, 篠原隆三, 二村隆一, 金子泰久, 坂本歩: 肩こりに及ぼす円皮鍼の効果偽鍼を用いた比較試験, 全日本鍼灸学会誌, 52, 553-561, 2002.
- 48) McLellan, CP. et al : The role of rate of force development on vertical jump performance. *J Strength Cond Res* 25(2):379-85, 2011.
- 49) Zhou, S. et al. : Effects of fatigue and sprint training on electromechanical delay of knee extensor muscles. *Eur J. Appl. Physiol* 72:410-416, 1996.
- 50) 内山靖ほか: 計測法入門-計り方, 計る意味. 協同医書出版, 東京, 第3版, 58-85, 2005.
- 51) 野口泰博, 鍼刺激が筋疲労に及ぼす影響一血中乳酸と垂直跳び及び筋硬度から見た変化, 東海大学紀要体育学部 34;87-92, 2005.
- 52) 有竹英彦ほか: 実験的急性筋疲労モデルに及ぼす鍼灸刺激の影響(第8報) 下腿三頭筋の筋出力に及ぼす円皮鍼の効果. 東洋療法学校協会学会誌 22: 64-68, 1998.
- 53) 大隈祥弘, 向野義人: 動きに伴う症状を指標とする円皮鍼治療が陸上競技短距離選手の反応時間に及ぼす影響. 日本臨床スポーツ医学会誌 19: 250-257, 2011.
- 54) 安達 淳ほか: 実験的急性筋疲労モデルに及ぼす鍼刺激の影響(第7報) 大腿四頭筋の筋疲労に及ぼす円皮鍼の効果. 東洋療法学校協会

学会誌 20 : 27－33, 1996.

- 55) 上野正博ほか：実験的急性筋疲労モデルに及ぼす鍼灸刺激の影響第 6 報－鍼灸時期による筋出力への影響－.東洋療法学校協会学会誌 19;102-109, 1995.
- 56) 高橋正好ほか：実験的急性筋疲労モデルに及ぼす鍼灸刺激の影響－上腕屈筋群に対する円皮鍼の効果－. 東洋療法学校協会学会誌 14; 60－64, 1990.
- 57) 杉山直人,三浦ゆかり,佐藤亨子,中村綾子,椿野裕子,吉田豊,高橋伸子,青山太一,吉原佳世子,古屋英治,大久保正樹,坂本歩:膝関節屈曲,伸展運動に伴う筋出力低下に及ぼす円皮鍼の影響－等速性運動での検討, 東洋療法学校協会学会誌 27;35-39, 2003.
- 58) 青山太一ほか：膝関節屈曲伸展運動にともなう筋出力低下に及ぼす円皮鍼の影響（第 3 報）－低負荷高回転による等速性運動での検討－. 東洋療法学校協会学会誌 29 ; 73-76, 2005.
- 59) Yeung, S, S. et al. : Effects of fatigue on the temporal neuromuscular control of vastus medialis muscle in humans. EurJ. Appl Physiol 80:379-385, 1999.
- 60) 向野義人:経絡テスト.医歯薬出版社,東京,1999
- 61) 向野義人:経絡テストによる診断と鍼治療.医歯薬出版社,東京, 2002
- 62) 向野義人:スポーツ鍼灸ハンドブック～経絡テストの実践とその応用.文光堂,東京, 2003
- 63) Mukaino Yoshito:Sports Acupuncture THE MERIDIAN TEST AND ITS APPLICATIONS. Eastland Press,Seattle,USA,99-131,2008
- 64) Conchola EC, Thompson BJ, Smith DB.: Effects of neuromuscular fatigue on the electromechanical delay of the leg extensors and flexors in young and old men. Eur J Appl Physiol113(9):2391-9, 2013.
- 65) Suetta, C. et al.: Training-induced changes in muscle CSA, muscle strength, EMG, and rate of force development in elderly subjects after long-term unilateral disuse.J Appl Physiol 97(5):1954-61, 2004.
- 66) Viitasalo JT, Aura O.: Seasonal fluctuations of force production in high jumpers. Can J Appl Sport Sci 9(4):209-13, 1984.
- 67) PAASUKE M. ; ERELIN J. GAPEYEVA H. ; Knee extension strength



- and vertical jumping performance in nordic combined athletes. *Journal of sports medicine and physical fitness* 41; 354-361, 2001.
- 68) McLellan CP, Lovell DI, Gass GC : The role of rate of force development on vertical jump performance. *J Strength Cond Res* 25(2):379-85, 2001.
- 69) Zhou, S. et al. : Effects of fatigue and sprint training on electromechanical delay of knee extensor muscles. *EurJ. Appl. Physiol* 72:410-416, 1996.
- 70) Haff GG, Ruben RP, Lider J, Twine C, Cormie P.: A comparison of methods for determining the rate of force development during isometric midhigh clean pulls. *J Strength Cond Res* 29(2):386-95, 2015.
- 71) Aldo, O. Perotto.: 筋電図のための解剖ガイド-四肢・体幹. 西村書店, 新潟, 第3版, 176-177, 1997.
- 72) WHO 西太平洋地域事務局: WHO/WPRO 標準経穴部位 日本語公式版. 医道の日本社, 神奈川, 61-75, 2009.
- 73) Häkkinen K, Komi PV.: Training-induced changes in neuromuscular performance under voluntary and reflex conditions. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 55(2):147-55, 1986.
- 74) Van Cutsem M. et al.: Changes in single motor unit behaviour contribute to the increase in contraction speed after dynamic training in humans. *J Physiol* 513 ( Pt 1):295-305, 1998.
- 75) 後藤和廣: 微小神経電図の鍼灸研究への応用 西篠一止, 熊澤考朗監修: 鍼灸臨床の科学, 451-468, 医歯薬出版, 東京, 2000.
- 76) Kawakita, K. et al.: EXAMINATION OF PHYSIOLOGICAL ACTIVITY OF VARIOUS SHAM DEVICES USED IN CLINICAL TRIALS OF ACUPUNCTURE. 5th international Medical Acupuncture Congress of Barcelona, Barcelona 5-6 November 2011.
- 77) Hotta, H. et al.: Gentle mechanical skin stimulation inhibits the somatocardiac sympathetic C-reflex elicited by excitation of unmyelinated C-afferent fibers. *Eur J Pain* 14(8):806-13, 2010.
- 78) Hargreaves, M. et al.: Muscle metabolites and performance during high-intensity, intermittent exercise. *J Appl Physiol* May 84(5): 1687-1691, 1998.

- 79) Knuth, ST. et al.: Low cell pH depresses peak power in rat skeletal muscle fibres at both 30 degrees C and 15 degrees C: implications for muscle fatigue. *J Physiol* 15(575): 887-99, 2006.
- 80) Nelson CR, Fitts RH.: Effects of low cell pH and elevated inorganic phosphate on the pCa-force relationship in single muscle fibers at near-physiological temperatures. *Am J Physiol Cell Physiol* 306(7): 670-678, 2014.
- 81) 菅谷正人ほか：外部圧迫による筋血流量の変化が低強度運動時の筋放電量と最大筋力に及ぼす影響．*体育学研究* 56：481-489，2011．
- 82) Royce, J.: Isometric fatigue curves in human muscle with normal and occluded circulation. *Res Quart* 29(2):204-212, 1958.
- 83) Stephense, J and A, Taylor.: Fatigue of maintained voluntary muscle contraction in man. *J Physiol* 220: 1-18, 1972.
- 84) 安保雅博：健常人の大腿四頭筋(外側広筋)における等尺性収縮前後の筋血流量変化
- 85) Allman BL, Rice C: Neuromuscular fatigue and aging: central and peripheral factors. *Muscle Nerve* 25(6):785-796, 2002.
- 86) Larsson L, Karlsson J. Isometric and dynamic endurance as a function of age and skeletal muscle characteristics. *Acta Physiol Scand* 104:129-136, 1978.
- 87) Bigland-Ritchie B, Woods JJ: Changes in muscle contractile properties and neural control during human muscular fatigue. *Muscle Nerve* 7(9):691-699, 1984.